

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin

der Tierärztlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Mathias Ritzmann

**Auswirkungen von Ohrmarken einziehen im Vergleich zu
Kastration und Schwanzkupieren und Etablierung einer
Verhaltensmethodik zur Beurteilung kastrationsbedingter
Schmerzen beim Saugferkel**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

der Tierärztlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität München

von Jasmin Nausika Stark

aus Starnberg

München 2014

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Mathias Ritzmann

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Bettina Wollanke

Tag der Promotion: 12. Juli 2014

The Road Not Taken

*Two roads diverged in a yellow wood,
And sorry I could not travel both
And be one traveler, long I stood
And looked down one as far as I could
To where it bent in the undergrowth;*

*Then took the other, as just as fair,
And having perhaps the better claim
Because it was grassy and wanted wear,
Though as for that the passing there
Had worn them really about the same,*

*And both that morning equally lay
In leaves no step had trodden black.
Oh, I kept the first for another day!
Yet knowing how way leads on to way
I doubted if I should ever come back.*

*I shall be telling this with a sigh
Somewhere ages and ages hence:
Two roads diverged in a wood, and I,
I took the one less traveled by,
And that has made all the difference.*

Robert Frost

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT.....	2
1.	Zootechnische Eingriffe	2
1.1.	Gesetzliche Grundlagen und gängige Praxis.....	2
1.1.1.	Kastration von Saugferkeln	2
1.1.2.	Schwanzkupieren.....	3
1.1.3.	Ohrmarken einziehen bei Ferkeln	3
1.2.	Indikationen für die zootechnischen Eingriffe	4
1.2.1.	Kastration	4
1.2.2.	Schwanzkupieren.....	5
1.2.3.	Ohrmarken einziehen	5
1.3.	Durchführungsmethoden der zootechnischen Eingriffe.....	6
1.3.1.	Chirurgische Kastration.....	6
1.3.2.	Schwanzkupieren.....	6
1.3.3.	Identifikation	7
2.	Schmerz und Stress	7
2.1.	Schmerzphysiologie	8
2.2.	Stress- und Schmerzparameter	13
2.3.	Cortisol	16
2.4.	Meloxicam.....	18
3.	Verhalten	20
3.1.	Grundlagen der herkömmlichen Verhaltensforschung.....	20
3.2.	Neue Ansätze in der Verhaltensbeobachtung.....	22
3.3.	Schmerzverhalten	24
III.	MATERIAL UND METHODEN.....	26
1.	Cortisol	26
1.1.	Ziel der Untersuchung	26
1.2.	Anzeige des Versuchsvorhabens	26
1.3.	Versuchsbetrieb	26
1.4.	Versuchstiere	27

1.5.	Versuchsablauf	28
1.5.1.	Vor dem Eingriff	28
1.5.2.	Eingriffe.....	29
1.5.3.	Nach dem Eingriff	30
1.6.	Probenverarbeitung	30
2.	Verhaltensbeobachtung	30
2.1.	Versuchstiere	30
2.2.	Videoauswertung	32
3.	Statistische Auswertung.....	34
3.1.	Cortisol	34
3.2.	Verhaltensbeobachtung	35
IV.	ERGEBNISSE	37
1.	Cortisol	37
1.1.	Eingriffe ohne Analgesie.....	37
1.2.	Eingriffe mit Analgesie	41
2.	Verhaltensbeobachtung	45
2.1.	Auswertung der Verhaltensvideos.....	45
2.2.	Intra- und Inter-Observer Reliabilität.....	50
V.	DISKUSSION	52
1.	Cortisol	52
2.	Ohrmarken einziehen.....	53
3.	Kastration.....	58
4.	Schwanzkupieren.....	59
5.	Verhalten	60
5.1.	Angewandte Methodik	61
5.2.	Verhaltensweisen.....	62
5.3.	Intra- und Inter-Observer Reliabilität.....	68
5.4.	Ausblick.....	69
VI.	SCHLUSSFOLGERUNG	73

VII.	ZUSAMMENFASSUNG.....	75
VIII.	SUMMARY	77
IX.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	79
X.	TABELLENVERZEICHNIS	81
XI.	LITERATURVERZEICHNIS	84
XII.	ANHANG	102
XIII.	DANKSAGUNG	105

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
Alcasde	Alternatives to castration and dehorning
AMPA	α -Amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionic acid
ARAS	aufsteigendes retikuläres aktivierendes System
cm	Zentimeter
COX	Cyclooxygenase
CRH	Corticotropin-releasing Hormone
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
Fa.	Firma
FCP	Free Choice Profiling
GABA	γ -Aminobuttersäure
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde(n)
HHN	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse
HWZ	Halbwertszeit
ICC	Intraklassenkoeffizient
kg	Kilogramm
l	Liter
LT	Lebenstag
mg	Milligramm
min	Minute(n)
ml	Milliliter
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat
nmol	nanomol
NSAID	Nichtsteroidales Antiphlogistikum
PIGCAS	Attitudes, practices and state of the art regarding piglet castration in Europe
POMC	Proopiomelanocortin
QBA	Qualitative Behaviour Assessment
QS	Qualität und Sicherheit

RL	Richtlinie
SABRE	Cutting Edge Genomics for Sustainable Animal Breeding
SD	Standardabweichung (Standard Deviation)
sec	Sekunde(n)
SEM	Standardfehler (Standard Error of the Mean)
t	Zeit
TierSchG	Tierschutzgesetz
U/min	Umdrehungen pro Minute
ViehVerkV	Viehverkehrsverordnung
VO	Verordnung
µg	Mikrogramm

I. EINLEITUNG

Bereits in den ersten Lebenswochen werden Saugferkel verschiedenen Eingriffen unterzogen. Die Zähne werden meist am Tag des Abferkelns geschliffen und je nach Betrieb im selben Arbeitsschritt auch Ohrmarken eingezogen. Die Eisensupplementierung erfolgt in der Regel innerhalb der ersten drei Lebenstage. In den Betrieben, bei denen die Schwänze der Ferkel kupiert werden, muss dies spätestens am dritten Lebenstag geschehen (TIERSCHG, 2013, §5) und die Kastration der männlichen Saugferkel findet meist betäubungslos innerhalb der ersten sieben Lebenstage statt. In den folgenden Wochen werden die Ferkel zusätzlich geimpft und spätestens beim Absetzen mit einer Bestandsohrmarke versehen.

Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit dem Einfluss der Kastration auf das Wohlergehen der Ferkel (ZÖLS et al., 2006; LLAMAS MOYA et al., 2008; VON BORELL et al., 2009; SUTHERLAND et al., 2012). Einige Studien untersuchen die Auswirkungen des Schwanzkupierens sowie dessen Notwendigkeit (HUNTER et al., 2001; SUTHERLAND et al., 2009; TORREY et al., 2009). Nur wenige Studien hingegen beschäftigen sich mit der Kennzeichnung von Schweinen und nehmen dabei Tierschutzaspekte ins Augenmerk (LESLIE et al., 2010; MERLOT et al., 2011). Auch wenn die Kennzeichnung von Schweinen mit Ohrmarken in Deutschland verpflichtend ist (VIEHVERKV, 2011), gibt es derzeit keine Untersuchungen über die Schmerz- und Stressbelastung durch Einziehen von Ohrmarken im Vergleich zur Kastration und zum Schwanzkupieren.

Hauptziel dieser Arbeit war es, die Stress- und Schmerzbelastung der Eingriffe Kastration, Schwanzkupieren und Ohrmarken einziehen miteinander in Relation zu setzen. Um den schmerzinduzierten Effekt vom rein stressinduzierten Effekt abgrenzen zu können, wurde jeder Eingriff zusätzlich unter Analgesie vollzogen. In diesem ersten Teil der Arbeit wurde die Stress- und Schmerzbelastung der Eingriffe anhand des Blutcortisolspiegels ermittelt. Der zweite Teil der vorliegenden Arbeit widmet sich der Methodenetablierung der Verhaltensanalyse anhand der Stress- und Schmerzbelastung kastrierter Ferkel, um den Schmerzparameter Verhalten bei der Saugferkelkastration in Zukunft besser anwenden zu können.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Zootechnische Eingriffe

1.1. Gesetzliche Grundlagen und gängige Praxis

1.1.1. Kastration von Saugferkeln

Auf europäischer Ebene sind die Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen in der RICHTLINIE 2008/120/EG festgelegt. Die Umsetzung auf nationaler Ebene erfolgt in Deutschland durch das Tierschutzgesetz. Nach der aktuellen Fassung (TIERSCHG, 2013) darf eine Kastration nach dem siebten Lebenstag nur durch einen Tierarzt unter Analgesie und Verwendung von Betäubungsmitteln praktiziert werden. Die betäubungslose Saugferkelkastration bis einschließlich siebtem Lebenstag ist nach der letzten Änderung des Gesetzes nicht mehr erlaubt, es besteht hierbei allerdings eine Übergangsfrist bis zum 31.12.2018 (TIERSCHG, 2013, §21). Die betäubungslose Vorgehensweise ist in den vergangenen Jahren zunehmend in Diskussion geraten (EFSA, 2004). So ist die Suche nach praktikablen Alternativen der Fokus verschiedener EU-Projekte: das 2007 ins Leben gerufene Projekt PIGCAS (HEINRITZI et al., 2008) beschäftigte sich mit den Durchführungspraktiken der Saugferkelkastration in den EU-Ländern, der Schweiz und Norwegen. 2008 startete das Folgeprojekt Alcasde (ANONYMOUS, 2009b), dessen Schwerpunkte in einer international einheitlichen Definition des Ebergeruchs sowie dessen Reduzierung lagen. Das Projekt SABRE (ANONYMOUS, 2007) forscht an der Lokalisation von für den Ebergeruch verantwortlichen Genen und das Projekt STOP-CAS (ANONYMOUS, 2009a) widmet sich der Entwicklung und Umsetzung von Methoden zur Erzeugung und Vermarktung von unkastrierten männlichen Schlachtschweinen in der EU. Seit 1. April 2009 ist die Gabe von Schmerzmitteln für Betriebe verpflichtend, die nach QS-Richtlinien arbeiten (ANONYMOUS, 2012a). In ökologischen Betrieben müssen gemäß der EG-ÖKO-BASISVERORDNUNG EG Nr. 834/2007 und der DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG EG Nr. 889/2008 seit Anfang 2012 „angemessene Betäubungs- und/oder Schmerzmittel“ verabreicht werden. In der „Brussel Declaration“ 2010 kamen verschiedene Nichtregierungsorganisationen der EU-Nationen darin

überein, dass die chirurgische Kastration von Saugferkeln ab 2012 nur noch unter anhaltender Analgesie oder Anästhesie zu erfolgen hat und ab 2018 ganz unterbleiben soll (ANONYMOUS, 2010). Dieses Ziel wurde in Deutschland in der Zwischenzeit allerdings schon auf 2019 verschoben (ANONYMOUS, 2012c), da die Umsetzung einer brauchbaren Alternative vorher nicht realisierbar ist (ANONYMOUS, 2012b).

1.1.2. Schwanzkupieren

Das Kupieren von Schwänzen führt laut RICHTLINIE 2008/120/EG zu akuten und teils andauernden Schmerzen. Zudem sieht die Richtlinie vor, dass erst „andere Maßnahmen zu treffen (sind), um Schwanzbeißen (...) zu vermeiden, wobei die Unterbringung und Bestandsdichte zu berücksichtigen sind“. Nach dem deutschen Tierschutzgesetz ist eine Betäubung für das Schwanzkupieren beim Ferkel nicht erforderlich, sofern der Eingriff beim unter vier Tage alten Ferkel erfolgt (TIERSCHG, 2013, §5) und sofern sichergestellt ist, dass der Eingriff für „die vorgesehene Nutzung des Tieres zu dessen Schutz oder zum Schutz anderer Tiere“ notwendig ist (TIERSCHG, 2013, §6). In der Praxis sieht dies jedoch so aus, dass in den meisten europäischen Ländern weit über 90% der Schwänze kupiert werden; lediglich in Norwegen, Schweden, Litauen und der Schweiz ist das Kupieren gänzlich verboten und in Finnland streng reglementiert (EFSA, 2007). Die Durchführung des Kupierens muss durch einen Tierarzt oder eine andere Person erfolgen, die die dazu nötigen Kenntnisse und Fähigkeiten hat (TIERSCHG, 2013, §6).

1.1.3. Ohrmarken einziehen bei Ferkeln

Ebenso nicht vorgeschrieben ist eine Betäubung für die Kennzeichnung von Schweinen mittels Ohrtätowierung, Schlagstempel oder Ohrmarke (TIERSCHG, 2013, §5). Gemäß VIEHVERKV (2011, §39) ist die Kennzeichnung von Schweinen mit Ohrmarken in Deutschland spätestens mit dem Absetzen durchzuführen; die fälschungssichere und lesbare Ohrmarke muss dabei den gesetzlichen Spezifikationen entsprechen. Im selben Paragraph wird spezifiziert, dass die Ohrmarke nach dem Tod eines Schweins nicht entfernt werden darf, es sei denn der Schlachthof oder die zuständige Behörde verfügt anderweitig. Dies dient der Rückverfolgbarkeit von Tieren und tierischen Produkten, so dass im Falle von Krankheitsgeschehen oder verbrauchergesundheitslichen Aspekten die

Herkunft der Tiere bis auf den Ursprungsbetrieb hin geklärt werden kann (VERORDNUNG, EG Nr. 21/2004). Ferner darf das Wohlbefinden des Tieres durch die Ohrmarke nicht beeinträchtigt werden (VERORDNUNG, EG Nr. 21/2004). Die Ohrgröße ist bei der Wahl der Ohrmarke mitzubersücksichtigen (VIEHVERKV, 2011).

1.2. Indikationen für die zootechnischen Eingriffe

1.2.1. Kastration

Die primäre Indikation für die chirurgische Kastration von Saugferkeln ist die Vermeidung der Entwicklung von Ebergeruch und die daraus resultierende Beeinträchtigung des Fleisches hinsichtlich Geruch und Geschmack (KAMENÍK und KRATOCHVÍL, 2012). Geruchsbelastetes Fleisch wird vom Verbraucher abgelehnt (MATTHEWS et al., 2000). Die beteiligten Hauptkomponenten sind Androstenon und Skatol (BONNEAU et al., 2000). Nach KAMENÍK und KRATOCHVÍL (2012) wird Androstenon in den Leydigzellen der Hoden produziert, ins Blut abgegeben und im Fettgewebe und Speicheldrüsen gespeichert; es dient als Pheromon. Die maximale Konzentration (3 - 8 µg/g Fett) wird am 240. LT erreicht (MIGDAL et al., 2009), ab 0,5 µg/g wird Androstenon als Ebergeruch wahrgenommen (DE KOCK et al., 2001). Es wird von dafür empfindsamen Menschen als urinartiger Geruch beurteilt (BONNEAU et al., 2000). Skatol ist ein bakterielles Abbauprodukt der Aminosäure Tryptophan und wird im Darm produziert (CLAUS et al., 1994). Es ist nicht geschlechtsspezifisch, tritt aber vermehrt bei intakten Ebern auf, da der enzymatische Abbau von Skatol durch Androstenon reduziert wird (ANNOR-FREMPONG et al., 1997). Die Bildung von Skatol ist jedoch (im Gegensatz von Androstenon) durch Management (Fütterung, Haltung) beeinflussbar (MIGDAL et al., 2009). Es wird ab einer Konzentration von 0,2 - 0,25 µg/g Fett (PRUSA et al., 2011) als gülleartiger Geruch wahrgenommen (BONNEAU et al., 2000).

Nach MÜLLER et al. (2012) wird durch die Sexualhormone ein agonistisches Sozialverhalten, insbesondere Aggressionsverhalten, gesteigert: sowohl die Rangordnungskämpfe nach der Einstallung als auch das vermehrte Aufreiten während der Mast führen hierbei zu erheblichen Körperverletzungen. Die Kastration von Schweinen hingegen führt zu einer Abnahme des Sozialverhaltens

und einer gesteigerten Futteraufnahme ab der Pubertät (CRONIN et al., 2003).

1.2.2. Schwanzkupieren

Die Hauptindikation für das Schwanzkupieren von Saugferkeln ist die Verminderung des Risikos von Schwanzbeißen (SUTHERLAND und TUCKER, 2011). Kupierten Schweinen wird in einer Untersuchung von HUNTER et al. (2011) 2,73-fach weniger in den Schwanz gebissen als unkupierten Schweinen. Laut SIMONSEN et al. (1991) stellt ein kürzerer Schwanz einerseits einen geringeren Reiz für die Buchtgenossen dar, zum anderen wird durch das Kupieren eine erhöhte Sensitivität in der verbleibenden Schwanzspitze erzeugt. Dadurch weicht ein von Schwanzbeißen betroffenes Tier frühzeitig den verursachenden Buchtgenossen aus und wirkt so einer Verschlimmerung der Problematik entgegen (SUTHERLAND und TUCKER, 2011). Die Ergebnisse von SANDERCOCK et al. (2011) hingegen belegen, dass es durch Schwanzkupieren nicht zu einer sekundären Hyperalgesie oder anderen Langzeitveränderungen in der nozizeptiven Reaktion kommt. Schwanzbeißen ist nicht nur unter Tierschutzaspekten ein Problem, sondern verursacht auch wirtschaftliche Schäden, da es zu verminderten Gewichtszunahmen und Verwerfungen am Schlachthof führen kann (KRITAS und MORRISON, 2007). Schwanzkupieren ist nach HUNTER et al. (2001) die effektivste Methode, Schwanzbeißen im Betrieb entgegenzuwirken. MOINARD et al. (2003) konnten diese Schlussfolgerung nicht nachvollziehen, in ihrer Untersuchung war das Risiko von Schwanzbeißen bei kupierten Schweinen um ein Dreifaches erhöht. Sie beschreiben Schwanzbeißen als ein multifaktorielles Problem. Dies wird durch eine Untersuchung der EFSA (2007) bestätigt, die als einfluss spielende Faktoren die Präsenz von Stroh, Beschaffenheit von Stroheinstreu, Genetik, Fütterung, Klima, Besatzdichte, Hygienestatus, Geschlecht und Management nennt.

1.2.3. Ohrmarken einziehen

Die Indikation für das Ohrmarken einzuziehen ist vor allem durch die gesetzlichen Vorschriften gegeben (VIEHVERKV, 2011). Die Rückverfolgbarkeit von Tieren und tierischen Produkten ist unabdingbar geworden (MADEC et al., 2001). Der vorgeschriebene Zeitpunkt bis spätestens zum Absetzen resultiert vor allem aus der Existenz unterschiedlicher Betriebsformen; nach dem Transport der Ferkel vom Ferkelerzeuger zum Mastbetrieb wäre sonst die Herkunft nicht mehr

nachvollziehbar, wenn der Mastbetrieb seine Ferkel aus verschiedenen Betrieben bezieht.

1.3. Durchführungsmethoden der zootechnischen Eingriffe

1.3.1. Chirurgische Kastration

PLONAIT (2004) beschreibt den Vorgang der chirurgischen Kastration der Saugferkel. Demnach wird nach Sicherstellung der normalanatomischen Lage der Hoden der Skrotalbereich desinfiziert und der Hoden nach kaudal gedrückt (PLONAIT, 2004). Die Schnittführung kann querverlaufend mit gleichzeitiger Eröffnung beider Hodensäcke erfolgen oder es werden zwei Inzisionen parallel zur Raphe scroti gesetzt oder ein einzelner medianer Schnitt; in jedem Fall wird der Processus vaginalis miteröffnet (PLONAIT, 2004). Der Hoden wird erfasst und mit einem Skalpell oder Emaskulator abgesetzt (PLONAIT, 2004). Das Herausreißen von Gewebe ist nicht mehr erlaubt (RICHTLINIE, 2008/120/EG). Die Wunde bleibt offen und kann lokal mit einem antibakteriellen Spray oder Puder nachbehandelt werden (SCHNURRBUSCH, 2006).

1.3.2. Schwanzkupieren

Gängige Methoden des Schwanzkupierens sind die Verwendung von Seitenschneider oder Thermokauter; bei letzterem wird ein sofortiger Wundverschluss erzielt (GRIESSLER et al., 2008). Laut KILCHING et al. (2010) und DONE et al. (2011) verläuft die Heilung bei der Seitenschneidermethode schneller als beim Kautern. MARCHANT-FORDE et al. (2009) verglichen beide Methoden und untersuchten die Auswirkungen auf den Cortisol- und β -Endorphinspiegel, die Vokalisation, die Gewichtszunahme und die Wundheilung. Ein Unterschied in der Wundheilung bzw. in der Auswirkung auf den Cortisolverlauf konnte nicht festgestellt werden, allerdings nahm die Thermokautermethode mehr Zeit in Anspruch, wodurch sich auch die Handlingszeit des Ferkels verlängerte (MARCHANT-FORDE et al., 2009). Zudem war die Vokalisation deutlich ausgeprägter als bei Benutzung des Seitenschneiders und Ferkel in der Thermokautergruppe nahmen zwischen Tag 7 und 14 weniger zu (MARCHANT-FORDE et al., 2009).

1.3.3. Identifikation

Mögliche Identifikationsmethoden sind Ohrmarken, Tätowieren, Kerben und Transpondermarkierung (BARBIERI et al., 2012). Letztere kann intraperitoneal, subkutan im Bereich des Ohrgrundes oder am Perineum erfolgen (PROLA et al., 2010). In der Untersuchung von MARCHANT-FORDE et al. (2009) dauerte Kerben länger, erzeugte eine stärkere Vokalisation und führte 4 h nach dem Eingriff zu tendenziell erhöhten Cortisolkonzentrationen sowie zu einem höheren Wundscore als bei Ferkeln, die mit Ohrmarken versehen wurden. LESLIE et al. (2010) verglichen die intraperitoneale Transponderinjektion, Kerben und Ohrmarken. Die beiden letztgenannten Methoden erzeugten in ihrer Studie mehr schmerzspezifisches Verhalten, wohingegen das Isolationsverhalten bei den Ohrmarken- und Transpondergruppen verstärkt war. Die Durchschnittsvokalisation war bei den gekerbten Tieren am stärksten; die Cortisolkonzentration stieg bei allen drei Gruppen, wohingegen die Laktatkonzentration nur bei den gekerbten Tieren nach dem Eingriff signifikant erhöht war (LESLIE et al., 2010). Die Verwendung von intraperitonealen Transpondern ist derzeit noch nicht etabliert, da der Kostenfaktor größer ist als bei den anderen Identifizierungsmethoden (LESLIE et al., 2010).

2. Schmerz und Stress

Gemäß der Taxonomie der Organisation IASP (1994) (International Association for the Study of Pain) ist Schmerz beim Menschen als eine subjektive, unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung definiert, die mit tatsächlichem oder potenziellem Gewebeschaden assoziiert ist. Des Weiteren negiere die Unfähigkeit, Schmerz verbal zu äußern, nicht die Möglichkeit, dass ein Individuum Schmerz empfindet und angemessene schmerzlindernde Behandlung benötigt (IASP, 1994). Laut SANN (2010) spricht man bei Tieren von Schmerzen, wenn nach Einwirkung noxischer Reize Verhaltensweisen oder Reaktionen gezeigt werden, die analog zu entsprechenden schmerzhaften Zuständen beim Menschen sind. Nach MOLONY und KENT (1997) ist Schmerz beim Tier eine aversive sensorische und emotionale Erfahrung, die das Bewusstsein des Tieres für einen vorhandenen oder drohenden Gewebeschaden darstellt. Durch den Schmerz wird die Physiologie und das Verhalten des Tieres

verändert; Schaden soll so verringert oder vermieden werden, die Wahrscheinlichkeit eines Wiederauftretens des Schmerzerlebnisses soll herabgesetzt und die Heilung beschleunigt werden (MOLONY und KENT, 1997). Unnötiger Schmerz entsteht, wenn Intensität oder Dauer der Schmerzerfahrung nicht im Verhältnis zu dem erlittenen Schaden steht oder wenn die Antworten des Körpers in Bezug auf Physiologie und Verhalten darin scheitern, den Schmerz zu lindern (MOLONY und KENT, 1997). Des Weiteren kann die Schmerzschwelle eines Tieres sinken; so ist empfundener Schmerz stärker, wenn sich das Tier bei Erleben des Schmerzereignisses bereits in einem Zustand der Angst oder des Stresses befindet (HENKE und ERHARDT, 2001).

Stress wird von MOBERG (2000) als biologische Reaktion definiert, die ausgelöst wird, wenn ein Individuum eine Bedrohung seines Gleichgewichtes erfährt. Diese Bedrohung oder „Stressor“ kann durch verschiedene unspezifische Reize gegeben sein und kann körperlicher Natur (z.B. Verletzung, Infektion), aber auch emotionaler Natur sein (PSCHYREMBEL, 2014). Die Sympathikusaktivität steigt und die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HHN-Achse) wird aktiviert (SMITH und VALE, 2006). Bei kurzfristiger Stresseinwirkung kommt es zur Glukoneogenese und damit zu einer verbesserten Anpassungsfähigkeit, wohingegen eine längerfristige Stressbelastung zu einer Mesenchymhemmung und damit zu einer Verringerung der Abwehrkräfte führt (PSCHYREMBEL, 2014). Laut LADEWIG (1994) können die unterschiedlichsten Stressoren die gleichen Stressreaktionen in einem Individuum hervorrufen, wodurch die Einschätzung der einzelnen Faktoren erschwert ist. Zudem ist die Reaktion auf wiederholte Einwirkung derselben Stressoren unterschiedlich; die Reaktion kann nach DANTZER und MORMEDE (1983) abnehmen, gleich bleiben oder sich durch Sensibilisierung intensivieren.

2.1. Schmerzphysiologie

Das nozizeptive System setzt sich nach PFANNKUCHE (2008) aus einem peripheren Anteil, den Nozizeptoren, und einem zentralen Anteil zusammen. Letzterer wiederum lässt sich in das aufsteigende System (Informationsweiterleitung), das thalamokortikale System und das absteigende System (körpereigene Schmerzunterdrückung) einteilen (PFANNKUCHE, 2008).

Nozizeptoren sind freie Nervenendigungen im Gewebe, deren Erregung durch äußere Einflüsse (z.B. thermische oder mechanische Reize) oder durch endogene Substanzen (Entzündungsmediatoren, z.B. Serotonin, ACTH, Histamin) erfolgt (PFANNKUCHE, 2008). Eine durch Trauma oder Entzündung hervorgerufene Gewebeschädigung führt u.a. zur Bildung der Substanzen Prostaglandin PGE_2 und Bradykinin (Abb. 1), die die Nozizeptoren sensibilisieren und eine Kapillardilatation sowie erhöhte Gefäßpermeabilität bewirken (HENKE und ERHARDT, 2001).

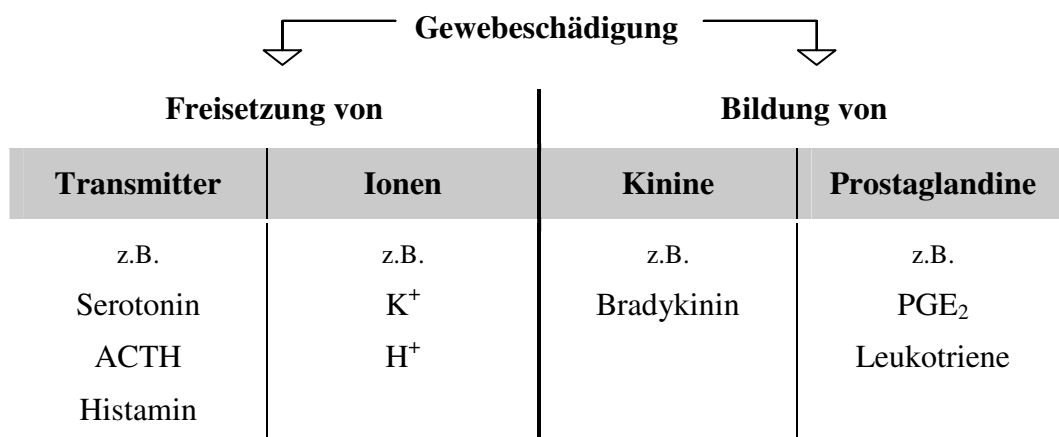


Abbildung 1. Wege der Schmerzentstehung nach Henke und Erhardt (2001)

Nozizeptoren unterscheiden sich in ihrer uni- oder polymodalen Stimulierbarkeit (mechanisch, thermisch, chemisch) oder damit auch in der Art der Nervenfasern (Tabelle 1), die bestimmend für die Leitungsgeschwindigkeit ist und die Schmerzqualität bestimmt (schnell-scharf; langsam-dumpf; brennend) (SANN, 2010). Nicht alle Nozizeptoren sind jederzeit erregbar: viele Nozizeptoren befinden sich in einem „schlafenden“ Zustand und werden erst durch Sensibilisierung (wie z.B. Entzündung, Ischämie) „geweckt“ (YAKSH, 1996). Sie sind vor allem bei Entzündungsgeschehen von Bedeutung (SANN, 2010).

Tabelle 1. Einteilung der schmerzrelevanten Nervenfasern nach Henke und Erhardt (2001)

Typ	Dicke	Stimulation	Geschwindigkeit	Charakter
A- δ	myelinisiert, < 3 μm	thermisch, mechanisch	schnell 5 - 30 m/sec	scharfer Erstschmerz, gut lokalisierbar, kurz
C	unmyelinisiert 1 μm	polymodal: chemisch, thermisch, mechanisch	langsam 0,5 - 2 m/sec	dumpfer, brennender Zweitschmerz, schlecht lokalisierbar, anhaltend
A- β	myelinisiert 8 μm	taktile Reize (Druck, Berührung)	schnell 50 m/sec	Vibration, Kitzeln, Stechen, Prickeln

Unter den Schmerztypen wird zwischen viszeralem Schmerz und somatischem Schmerz unterschieden; letzterer teilt sich auf in Oberflächenschmerz (Lokalisation in der Haut) und Tiefenschmerz (Lokalisation in Bindegewebe, Muskeln, Knochen, Gelenken) (SCHMIDT, 1989). Der somatische Schmerz wird über A- δ - und C-Fasern weitergeleitet, der viszerale Schmerz hingegen nur über C-Fasern (HENKE und ERHARDT, 2001). Unter den Gewebearten gelten nach HENKE und ERHARDT (2004) die serösen Membranen als sehr schmerzsensibel, ebenso der Perinealbereich und das Periost. Auch Hautschmerz, der über alle drei Arten von Nozizeptoren wahrgenommen wird, kann sehr ausgeprägt sein (HENKE und ERHARDT, 2004). Weniger empfindlich dagegen sind die parenchymatösen Organe (ausgenommen ihre serösen Häute), Muskulatur, Gelenke und Knochen (HENKE und ERHARDT, 2004).

Die Weiterleitung von den Rezeptoren erfolgt nach HENKE und ERHARDT (2001) im aufsteigenden System durch afferente Fasern, die über die Hinterhornwurzel ins Rückenmark eintreten und zur Substantia gelatinosa des Hinterhorns ziehen, wo die Umschaltung auf das zweite Neuron erfolgt. Über Verbindungen zu motorischen und sympathischen Efferenzen werden motorische und sympathische Reflexe ausgelöst, anschließend ziehen die zweiten Neurone auf der Gegenseite über den Tractus spinothalamicus zu den Thalamuskernen

(HENKE und ERHARDT, 2001). Es bestehen sowohl Verbindungen zur Formatio reticularis (Beeinflussung des Atem- und Kreislaufzentrums), zum aufsteigenden retikulären aktivierenden System (ARAS; Auswirkung auf Wachheitsgrad und Aufmerksamkeit), zur Hirnrinde (somatosensorischer Cortex; Erkennung des Entstehungsortes und Intensität des Schmerzes), zum limbischen System (affektiv-emotionale Komponente) als auch zum endokrinen System, wo als Folge zusammen mit ACTH über den Hypophysenvorderlappen β -Endorphin ins Blut ausgeschüttet wird (HENKE und ERHARDT, 2001). Im aufsteigenden System spielen nach PFANNKUCHE (2008) als Transmitter vor allem Substanz P und Glutamat eine Rolle. Die Substanz P, die an Synapsen im Rückenmark freigesetzt wird, führt der Autorin zufolge über eine Reihe von Kaskaden zu einer Depolarisation des nachgeschalteten Neurons. Glutamat bewirkt, sofern die Zielzelle bereits erregt ist, u.a. eine Öffnung von NMDA-Rezeptoren (N-Methyl-D-Aspartat-Rezeptoren), und führt damit zur Weiterleitung starker Reize (PFANNKUCHE, 2008). Weitere beteiligte Glutamat bindende Rezeptoren sind AMPA- (α -Amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionic acid) und Kainate-Rezeptoren (DINGLE et al., 1999). Die Öffnung von NMDA-Rezeptoren zieht gemäß PFANNKUCHE (2008) mittels Botenstoffen eine weitere Freisetzung von Substanz P und Glutamat nach sich und ist somit an der Ausbildung einer zentralen Sensibilisierung und der Chronifizierung von Schmerzen ursächlich beteiligt. Eine zusätzliche Bedeutung der NMDA-Rezeptoren liegt nach MEINTJES (2012) zufolge darin, dass man durch Einsatz von Ketamin eine Herabsetzung der Schmerzweiterleitung erzielen kann, da Ketamin an diese Rezeptoren binden kann.

Das absteigende System dient der körpereigenen Schmerzunterdrückung und wird aktiviert, indem im aufsteigenden System Signale vom Rückenmark zur Medulla oblongata, zum Hirnstamm und zum Hypothalamus übertragen werden (RIEDEL und NEECK, 2001). Als Folge wird nach PFANNKUCHE (2008) sowohl die Schmerzempfindung als auch die Signalweiterleitung des aufsteigenden Systems unterbunden. Im absteigenden System spielen der Autorin zufolge als Transmitter vor allem die endogenen Opiode (Enkephaline, Endorphine, Dynorphine) eine Rolle. Eine Aktivierung ist nach SANN (2010) aber auch durch Serotonin, Adrenalin, Noradrenalin und GABA (γ -Aminobuttersäure) möglich. GABA wird in der Substantia gelatinosa im

Dorsalhorn des Rückenmarkes gebildet (MEINTJES, 2012) und kann entweder präsynaptisch (durch Verhindern des Ca^{2+} -Einstroms und damit der Neurotransmitterfreisetzung) oder postsynaptisch (durch Erzeugen einer Hyperpolarisation) wirken (WOOLF und MANNION, 1999). Die Enkephaline reduzieren ebenfalls die Neurotransmitterfreisetzung (LI et al., 2003). Endorphine, Dynorphine und Endomorphine hingegen werden zusammen mit den Neurotransmittern des aufsteigenden Systems ausgeschüttet und modulieren deren Aktivität (MEINTJES, 2012).

In der Vergangenheit wurde postuliert, dass das Schmerzempfinden von Kleinkindern weniger stark ausgeprägt sei wie das von Erwachsenen (MANCUSO und BURNS, 2009). Diese Ansicht lässt sich auf die Tatsache zurückführen, dass die Schmerzintensität bei Früh- und Neugeborenen schwer beurteilbar ist (BENRATH und SANDKÜHLER, 2000). Gegenwärtig wird dieser Standpunkt nicht mehr vertreten (RODKEY und RIDDELL, 2013). Laut HENKE und ERHARDT (2004) besteht kein Grund, dass sich die Schmerzempfindung von Mensch und Tier unterscheiden sollten. BENRATH und SANDKÜHLER (2000) untersuchten die nozizeptiven Vorgänge von Embryonalentwicklung bis zu einigen Wochen postpartum bei Ratten und zogen Rückschlüsse für die Humanmedizin. Demzufolge lösen schon geringe Schmerzreize beim Frühgeborenen dieselbe Sensibilisierung aus, wie sie beim Erwachsenen erst bei starkem Schmerzreiz erfolgt. Das liegt daran, dass beim Neugeborenen die wiederholte Stimulierung von A β -Faser-Afferenzen, also nichtnoxische Reize, die Sensibilisierung von Hinterhornneuronen induzieren kann, während dies beim Erwachsenen nur durch Stimulierung von hochschwelligen A δ - oder C-Fasern geschieht (BENRATH und SANDKÜHLER, 2000). Darüber hinaus ist die körpereigene Schmerzhemmung bei Neugeborenen noch nicht ausreichend entwickelt, was wiederum die Ausbildung von Hyperalgesie und Allodynie begünstigt (BENRATH und SANDKÜHLER, 2000). Beide Sensibilitätsstörungen können zudem durch kleinere schmerzhaftes Eingriffe erzeugt werden, da die Schmerzschwellen bei Früh- und Neugeborenen niedriger sind als im späteren Leben (BENRATH und SANDKÜHLER, 2000). Laut PASSANTINO (2012) haben Tiere mit Schmerzen unabhängig vom Alter ein Anrecht auf eine analgetische Behandlung, dies ist insbesondere auch für Jungtiere essentiell (HENKE und ERHARDT, 2004).

2.2. Stress- und Schmerzparameter

Je mehr Wert auf das Wohlergehen des Tieres gelegt wird, desto wichtiger ist es, auch zu erkennen, wann das Tier in seinem Wohlbefinden beeinträchtigt ist bzw. wann es Schmerzen zeigt (LANDA, 2012). Auch wenn nach MOLONY und KENT derzeit (1997) angenommen wird, dass ein Tier ebenso Schmerzen empfindet wie der Mensch, kann man beide Spezies nicht unmittelbar miteinander vergleichen. Während der Mensch in der Regel seinen Schmerz beschreiben kann, ist man beim Tier darauf angewiesen, sich verschiedenster indirekter Parameter zu bedienen, wobei eine Kombination davon die Effizienz der Schmerzbeurteilung steigert (PRUNIER et al., 2012).

MOLONY und KENT (1997) beschreiben verschiedene Arten der Schmerzantwort beim Tier: Zum einen möchte das Tier lernen, ein Wiederauftreten des Schmerzes zu vermeiden, d.h. das Verhalten des Tieres wird beeinflusst. Zudem erfolgt den Autoren zufolge oft automatisch eine Reflexreaktion zum Schutz des Tieres, zur Schmerzminimierung oder zur Heilungsförderung (z.B. Schonverhalten). Des Weiteren soll ein anderes Tier, das ursächlich für den Schmerz ist, aufgehalten werden bzw. (z.B. durch Vokalisation) Hilfe von einem anderen Lebewesen eingefordert werden (MOLONY und KENT, 1997).

HENKE und ERHARDT (2004) führen mögliche Auswirkungen von Schmerz bei verschiedenen Beurteilungskriterien auf. So kann das Aktivitätsverhalten den Autoren zufolge bei Schmerz reduziert oder erhöht sein. Nach WEARY et al. (2006) ist zu berücksichtigen, dass für ein reduziertes Aktivitätsverhalten nicht allein Schmerz, sondern der Funktionsverlust an sich ursächlich sein kann. Das Temperament kann sich laut HENKE und ERHARDT (2004) bei leidenden Tieren Richtung Apathie oder Aggressivität verändern; eine erhöhte Vokalisation ist oft nur bei akutem Schmerz bemerkbar. Wasser- und Futteraufnahme sinken, eine Auswirkung auf das Körpergewicht ist allerdings erst nach Tagen andauernder Schmerzbelastung messbar (MORTON und GRIFFITHS, 1985). Bei den physiologischen Parametern (z. B. Katecholaminkonzentration, Aktivität des sympathischen Nervensystems) ist die Unterscheidung von Stress oder Schmerz als Auslöser ihrer Veränderungen schwierig (WEARY et al., 2006). So kann man Veränderungen einiger Parameter (z.B. Vokalisation) zeitgleich zu dem Schmerzereignis beobachten (WHITE et al., 1995), andere Parameter

(Fressverhalten, Körpergewicht, physiologische Parameter) hingegen zeitversetzt (CARROLL et al., 2006). Die Beurteilung erfordert Kenntnisse über die jeweilige Tierart und der pathophysiologischen Vorgänge im Organismus; ebenso müssen Geschlecht, Alter, Rasse und Umwelt miteinbezogen werden (PAUL-MURPHY et al., 2004). Folgende Schmerzparameter beim Schwein werden von der EFSA (2004) vorgeschlagen:

Tabelle 2. Schmerzparameter beim Schwein (nach EFSA, 2004)

Physiologische Parameter	Verhaltensparameter
<i>Hormonkonzentration</i> (in Blut, Urin, Speichel): <ul style="list-style-type: none"> - Katecholamine: Adrenalin, Noradrenalin - HHN-Achse: CRH, ACTH, Cortisol 	<i>Vokalisation:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Anzahl und Dauer - Intensität - Spektrum
<i>Energiestoffwechsel</i> im Blut: <ul style="list-style-type: none"> - Glucose - Laktat - freie Fettsäuren 	<i>Körperhaltung:</i> <ul style="list-style-type: none"> - schmerzlindernd - tonische Immobilität - Fortbewegung - Fluchtverhalten
<i>Herz-Kreislauf-System:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Herz- und Atemfrequenz - Blutdruck - Innere Körpertemperatur 	<i>Schmerzspezifisches Verhalten</i> (u.a.): <ul style="list-style-type: none"> - Zittern, Spasmus - Kratzen - Rückzugs- und Schutzreflexe
<i>Immunsystem:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Immunglobuline - Anzahl, Phänotyp und Aktivität der Immunzellen 	<i>Allgemeine Verhaltensparameter</i> (u.a.): <ul style="list-style-type: none"> - Ruhelosigkeit - Kopftiefhaltung, Verharren - Isolation, soziale Desynchronisation - Aggressivität
<i>c-Fos Expressionsmuster</i> der spinalen Neuronen	

Derzeit gibt es keinen Goldstandard für die Schmerzbeurteilung von Tieren, und viele bereits versuchte Bewertungssysteme waren erfolglos (PAUL-MURPHY et al., 2004). Die Ermittlung der Herzfrequenz kann relativ invasionslos erfolgen, allerdings muss man sie wegen der sehr kurzen Latenzzeit nach Einwirkung des Stressors und der häufigen Frequenzänderungen unmittelbar nach dem Schmerzereignis messen und über einen längeren Zeitraum häufig wiederholen

(LADEWIG, 1994). Nach MELLOR und STAFFORD (2004) ist sie ein geeigneter Parameter, um weniger intensiven Schmerz gut zu messen. Die Hypertension folgt aus der Aktivierung des sympatho-adrenomedullären Systems (SMITH und VALE, 2006). Die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin werden freigesetzt: nach MELLOR und STAFFORD (2004) eignet sich Adrenalin eher zur Beurteilung des unmittelbaren Effekt eines schmerzhaften Ereignisses, während Noradrenalin Aussage über das Ausmaß an Gewebeschaden gibt. Beide Parameter steigen sehr schnell nach dem Stress- und Schmerzereignis an (ÜBEL, 2011) und haben eine biologische Halbwertszeit von 20 sec bis 10 min (DÖCKE und KEMPER, 1994). VORWALLNER (2003) stellte fest, dass die Basiswerte individuell sehr unterschiedlich sind; er konnte jedoch dennoch signifikante Anstiege der Katecholamine nach der Saugferkelkastration beobachten. In der Studie von ÜBEL (2011) hingegen wurden keine signifikanten Unterschiede nach der Kastration nachgewiesen.

Nach SANN (2010) wird die Freisetzung der Hypophysenvorderlappenhormone ACTH sowie β -Endorphin, die beide aus demselben Vorläufermolekül POMC (Proopiomelanocortin) entstehen, durch das CRH (Corticoliberin) gesteuert; ACTH wiederum stimuliert die Nebennierenrinde zur erhöhten Glucocorticoidproduktion (SANN, 2010). In den Untersuchungen von KEITA et al. (2010) und PRUNIER et al. (2005) stellten sich ACTH und Cortisol als geeignete Schmerz- und Stressparameter heraus.

Laktat entsteht durch sauerstoffunabhängige Glykogenolyse in der Muskulatur bei Belastung (VON ENGELHARDT, 2010). PRUNIER et al. (2005) konnten signifikante Unterschiede zwischen unterschiedlichen Schmerzbelastungen von Saugferkeln bis einschließlich des 30 min-Wertes messen. In der Untersuchung von ZÖLS (2006) wurde 60 min nach der Kastration kein Unterschied mehr festgestellt. Ebenso gering ist in ihrer Studie die Aussagekraft von Glucose, deren Produktion durch stressbedingte Glukoneogenese erhöht wird. PRUNIER et al. (2005) postulieren, dass bei Ferkeln der Glucosevorrat in der Leber noch nicht ausreichend ausgebildet ist und Glucose daher bei Jungtieren nicht als Stressparameter geeignet ist.

Erhöhte Cortisol- und Katecholaminspiegel sowie ein stimuliertes autonomes Nervensystem bewirken eine generelle Immunsuppression und damit unter anderem eine Leukozytenmitose, Lymphokinproduktion, Phagozytose, sowie eine

verminderte Interleukinfreisetzung und Antikörperbildung (HENKE und ERHARDT, 2004). Durch die Aktivierung des autonomen Nervensystems gelangen Leukozyten von den lymphoiden Organen in den peripheren Kreislauf (O'LEARY, 1990). Andererseits kommt es durch die Aktivierung der HHN-Achse wiederum zu einer Umlagerung in die Speicherorgane (LADEWIG, 1994). Die Leukozytenzahl kann beim Schwein sehr stark divergieren (KIXMÖLLER, 2004). In Hinblick auf die Immunglobuline gibt es wenige Studien bei zootechnischen Eingriffen beim Ferkel. TORREY et al. (2009) untersuchten 1- bzw. 3-Tage alte Ferkeln nach Schwanzkupieren bzw. Ohrkerben, allerdings waren die Resultate in Hinblick auf die Immunglobuline laut den Autoren mehrdeutig.

Bei SVENDSEN et al. (2006) erwies sich die Untersuchung der Expression des c-Fos-Gens im Rückenmark als aufwendig und konnte nicht am lebenden Tier durchgeführt werden. Bei der Methode kann die Schmerzintensität anhand der Anzahl Fos-Protein-haltiger Neurone im Dorsalhorn ermittelt werden (SVENDSEN et al., 2006).

2.3. Cortisol

Nach THUN und SCHWARTZ-PORSCHKE (2004) spielt Cortisol beim Schwein unter den Glucocorticoiden die Hauptrolle; es gehört zu den biologisch aktiven Steroiden und wird aus dem Ausgangsprodukt Cholesterol in der Zona fasciculata der Nebennierenrinde gebildet. Corticosteroide werden nur zu geringen Mengen in der Nebennierenrinde gespeichert, bei erhöhtem Bedarf müssen sie erst produziert werden (THUN und SCHWARTZ-PORSCHKE, 2004). Bei Stress wird CRH im Hypothalamus gebildet und bewirkt in der Hypophyse die Bildung von ACTH aus POMC, wodurch wiederum die Bildung von Cortisol in der Nebennierenrinde (Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse) stimuliert wird (MÖSTL, 2010). Nach GUYTON und HALL (2011) kann die Sekretion von Cortisol bei Stress um das 20fache ansteigen, als Folge kommt es zur vermehrten Gluconeogenese sowie zur Mobilisierung von Proteinen und Fett. Zusätzlich wird nach GUYTON und HALL (2011) die Lysosomenmembran in den Leukozyten stabilisiert und bewirkt dadurch einen erhöhten entzündungshemmenden Effekt, da weniger proteolytische Enzyme freiwerden. Das Immunsystem wird ebenfalls supprimiert, indem die Anzahl der Granulozyten im Blut verringert wird und

weniger Antikörper gebildet werden (GUYTON und HALL, 2011). Cortisol wird in der Leber abgebaut und vor allem über die Nieren ausgeschieden (MÖSTL, 2010). Die Bildung von Corticosteroiden in der Nebennierenrinde kann auch über ACTH-unabhängige Mechanismen ablaufen (CHARLTON, 1990). Zum einen kann dies über eine Stimulation des *N. splanchnicus* erfolgen (beteiligte Neurotransmitter dabei sind Katecholamine, Neuropeptid Y, CRH und das Vasoaktive intestinale Peptid), zum anderen kann auch das Nebennierenmark direkten Einfluss ausüben (THUN und SCHWARTZ-PORSCHKE, 2004).

Cortisol gelangt von der Nebennierenrinde zunächst in ungebundener Form in die Blutbahn und wird dort an Transportproteine (Albumin, Transcortin) gebunden (MÖSTL, 2010). Nur ca. 10% des Cortisols bleibt ungebunden und damit biologisch aktiv (BAMBERG, 1987). Durch den hohen gebundenen Anteil hat Cortisol eine Halbwertszeit von 60 bis 90 min (GUYTON und HALL, 2011), die jedoch auch vom Verbrauch abhängt. So reduziert sich die HWZ nach KOLB (1989) bei laktierenden Rindern auf bis zu einem Drittel im Vergleich zu nicht laktierenden Rindern. Ebenso spielt die Tierart eine Rolle, z.B. beträgt die HWZ bei Enten 12 min (KOLB, 1989). Durch einen negativen Feedback-Mechanismus von Cortisol sowohl auf den Hypothalamus als auch auf die Hypophyse wird die Plasmakonzentration reguliert (GUYTON und HALL, 2011). Diese beträgt beim Schwein ohne Belastung 55-110 nmol/l und unter Belastung 110-390 nmol/l (KOLB, 1989). Die Konzentration ist auch abhängig vom Geschlecht, Alter, Fortpflanzungsstadium, Fütterung und Haltung (BAMBERG, 1987). Insgesamt findet die Sezernierung von Cortisol beim Schwein in deutlich geringerem Umfang statt als z.B. beim Wiederkäuer, da bei einer stärkereichen Fütterung mehr Glucose resorbiert werden kann und damit ein geringerer Bedarf an Gluconeogenese besteht (KOLB, 1989).

Ohne Einwirkung von Stimuli ist die Ausschüttung von Cortisol von einer circadianen Rhythmik gesteuert; der Höhepunkt liegt dabei in den frühen Morgenstunden (MOHR, 2010). Beim Schwein werden die höchsten Werte zwischen vier und zehn Uhr morgens gemessen (BAMBERG, 1987). Laut RUIS et al. (1997) gibt es Unterschiede je nach Alter und Geschlecht. Die Ausbildung dieser Cortisolrhythmik ist außerdem abhängig vom Reifezustand des zentralen Nervensystems und somit tierartlich unterschiedlich erst ab einem gewissen Alter entwickelt (THUN und SCHWARTZ-PORSCHKE, 2004). GALLAGHER et al.

(2002) stellten bei Ferkeln fest, dass die circadiane Rhythmik beim weiblichen Ferkel ab dem sechsten Lebenstag ausgebildet ist, beim männlichen hingegen erst ab dem zehnten Lebenstag.

Die Messung von Cortisol hat sich in verschiedenen Studien als ein geeigneter Stress- und Schmerzparameter erwiesen (KENT et al., 1993; CARROLL et al., 2006; ZÖLS et al., 2006; LANGHOFF, 2008; SUTHERLAND et al., 2008; SUTHERLAND et al., 2011; ÜBEL, 2011). Auch MORMEDE et al. (2007) bezeichnen die Ermittlung der HHN-Aktivität als eine Standardmethode, um die Stressbelastung bei Großtieren einschätzen zu können. Sie nennen dabei aber auch limitierende Faktoren, wie die zirkadiane Rhythmik und die Variabilität je nach Umweltfaktoren, Alter oder Fütterung. Allerdings ist die Reaktion auf Stress *per se*, unabhängig vom untersuchten Parameter, individuell sehr unterschiedlich (LADEWIG, 1994).

2.4. Meloxicam

Meloxicam ist ein nicht-steroidales Antiphlogistikum (NSAID) der Oxicam-Gruppe, das schwach selektiv für die Cyclooxygenase-2 ist (KIETZMANN und BÄUMER, 2010). Durch Blockierung der Cyclooxygenase wird die Prostaglandinsynthese gehemmt, wodurch eine antiphlogistische, analgetische, anti-exsudative und antiendotoxische Wirkung erzielt wird (UNGEMACH, 2010).

Für die Kastration von Saugferkeln sind als Analgetikum verschiedene Meloxicampräparate zugelassen (VETIDATA, 2014). Als erstes Analgetikum mit dieser Indikation wurde von der Europäischen Union Metacam[®] 5 mg/ml (Fa. Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH, Ingelheim) zugelassen (DE LANGE, 2010). Gemäß den Vorgaben des Herstellers soll das Produkt nicht bei unter zwei Tage alten Ferkeln appliziert werden und für eine optimale analgetische Wirkung sollte es 30 min vor dem Eingriff intramuskulär verabreicht werden; die Dosierung beträgt 0,4 mg/kg bzw. 0,08 ml/kg. Im Plasma wird der Wirkstoff an Plasmaproteine gebunden und mit einer mittleren Plasma-Eliminations-Halbwertszeit von 2,5 h (beim Schwein) zu inaktiven Stoffwechselprodukten abgebaut, die zu gleichen Teilen über Urin und Kot ausgeschieden werden; die Wartezeit auf essbare Gewebe beträgt beim Schwein fünf Tage (VETIDATA, 2014).

Die Anwendung von Meloxicam basiert auf dem Prinzip der präemptiven Analgesie (KEITA et al., 2010), durch die eine zentrale Sensibilisierung durch Nozizeption gemildert bzw. verhindert werden kann und so die Wahrnehmung von post-operativem Schmerz entscheidend beeinflusst (KATZ et al., 1992).

3. Verhalten

3.1. Grundlagen der herkömmlichen Verhaltensforschung

Bei der Verhaltensbeobachtung muss man laut BROOM und FRASER (2007) mit den zu beobachtenden Tieren vertraut sein, das tierartspezifische Ethogramm kennenlernen, sich individueller Unterschiede bewusst sein und geübt sein, diese auch zu erkennen. Zudem muss gemäß MARTIN und BATESON (2007) eine nicht zu große Auswahl zuverlässig festzuhaltender Kategorien vor Beginn der Studie exakt definiert sein und diese Definitionen müssen über den gesamten Verlauf des Experiments beibehalten werden.

Nach MARTIN und BATESON (2007) besteht Verhalten aus einem kontinuierlichen Strom von Bewegungen und Ereignissen, der in einzelne Kategorien eingeteilt werden muss, damit er quantitativ gemessen werden kann. Dabei sind nach ALTMANN (1974) Verhaltensweisen entweder als Status (Verhaltensmuster relativ langer Dauer; z.B. Körperhaltung, Aufenthaltsort) oder Ereignis (Verhaltensmuster relativ kurzer Dauer; z.B. Körperbewegung, Lautäußerung) anzusehen. Zudem sind laut MARTIN und BATESON (2007) einige Beobachtungseckdaten zu berücksichtigen; so ist die Latenz die Zeit vom Eingriff bis zum ersten Auftreten der Verhaltensweise und die Frequenz der Verhaltensweise kann pro Zeiteinheit oder für die Gesamtzeit angegeben werden. Schließlich sind Dauer und Intensität zu beachten (MARTIN und BATESON, 2007).

Bei jeder Verhaltensanalyse ist die Reproduzierbarkeit (Reliabilität) und die Aussagekraft (Validität) zu beachten; letztere beinhaltet das Ausmaß, in dem man mit den gemessenen Parametern die zuvor festgelegte Fragestellung beantworten kann und gibt daher Aufschluss über die „Richtigkeit“ der Parameter (MEAGHER, 2009). Bei der Reliabilität unterscheidet man nach KNIERIM (2013) zwischen Intra- und Inter-Observer Reliabilität: bei einer hohen Intra-Observer-Reliabilität stimmen die Ergebnisse eines Beobachters bei wiederholter Analyse desselben Videos optimalerweise übereinstimmen, bei der Inter-Observer Reliabilität soll dies der Fall sein, wenn mehrere Beobachter dasselbe Verhalten gleichzeitig beurteilen. Je höher beide Werte sind, desto zuverlässiger sind die Parameter in ihrer Reproduzierbarkeit (MARTIN und BATESON, 2007).

Vor jeder Verhaltensbeobachtung muss laut MARTIN und BATESON (2007) festgelegt werden wer beobachtet wird (sampling rules) und wie das Verhalten dokumentiert wird (recording rules) (Tabelle 3). Die „sampling rules“ unterteilen sich in „ad libitum sampling“ (alles sichtbare wird notiert), „focal sampling“ (die Verhaltensweisen eines Individuums werden notiert), „scan sampling“ (eine Gruppe von Tieren wird in regelmäßigen Intervallen gescannt und das Verhalten jedes Individuums zu diesen Zeitpunkten notiert) und „behaviour sampling“ (die ganze Gruppe wird unter dem Aspekt beobachtet, wann und wie definierte Verhaltensweisen gezeigt werden) (MARTIN und BATESON, 2007). Jede „sampling rule“ hat gewisse Nachteile; so werden beim „ad libitum sampling“ auffällige Verhaltensweise unbewusst bevorzugt, beim „focal sampling“ kann das Individuum wichtige Verhaltensweisen zeigen, während es sich im „time out“ befindet (Zeit, in der das Individuum nicht beobachtet werden kann, da es sich z.B. versteckt aufhält) und beim „scan sampling“ können nur wenige Verhaltensweisen notiert werden und es besteht die Gefahr, dass auffällige Verhaltensweisen eine zu große Gewichtung bekommen (MARTIN und BATESON, 2007). Letzteres ist laut MARTIN und BATESON (2007) auch beim „behaviour sampling“ der Fall. „Focal“, „scan“ und „behaviour sampling“ können miteinander kombiniert werden (MARTIN und BATESON, 2007).

Die „recording rules“ unterteilen MARTIN und BATESON (2007) in „continuous recording“ und „time sampling“. Beim „continuous recording“ wird jedes Auftreten definierter Verhaltensweisen notiert, d.h. die wahre Latenz, Frequenz und Dauer kann miteinbezogen werden; allerdings können so nur wenige Verhaltensweisen gleichzeitig gemessen werden und je kürzer der Beobachtungszeitraum ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass das Verhalten noch nicht beendet ist, wenn der Messzeitraum aufhört (MARTIN und BATESON, 2007). Das „time sampling“ teilt sich nach ihrer Definition wiederum in „instantaneous sampling“ und „one-zero sampling“ auf; bei beiden besteht die Möglichkeit, mehrere verschiedene Verhaltenskategorien gleichzeitig zu dokumentieren. Beim „instantaneous sampling“ werden laut MARTIN und BATESON (2007) „sample points“ (z.B. alle 20 sec) festgelegt, an denen das jeweilige Verhalten notiert wird. Je kürzer die Intervalle ihrer Ansicht nach zwischen den „sample points“ sind, desto akkurater wird die Beurteilung insgesamt, jedoch können Dauer und Frequenz der Verhaltensweise nicht

realitätsgetreu bestimmt werden; daher ist diese Dokumentationsweise nicht für kurze oder seltene Verhaltensmuster, sondern eher für Status als für Ereignisse geeignet. Beim „one-zero sampling“ wird vermerkt, ob im vorausgegangenen „sample interval“ die jeweilige Verhaltensweise (meist ein Status, kein Event) gezeigt wurde oder nicht (ALTMANN, 1974). Es handelt sich hier laut MARTIN und BATESON (2007) um eine Ja-Nein-Antwort, bei der die Dauer überschätzt wird („Ja“-Dokumentation unabhängig von der Dauer) und die Frequenz unterschätzt (nur das erste Auftreten wird notiert). Auch hier kann man die Dokumentationsmethode je nach Verhaltensweise unterschiedlich wählen und kombinieren (MARTIN und BATESON, 2007).

Tabelle 3. Übersicht über die Aufzeichnung von Verhaltensweisen (nach MARTIN und BATESON, 2007)

Auswahl der zu beobachtenden Verhaltensweisen (sampling rule)	Dokumentationsweise der zu beobachtenden Verhaltensweisen (recording rule)
<ul style="list-style-type: none"> - Ad libitum sampling - Focal sampling - Scan sampling - Behaviour sampling 	<ul style="list-style-type: none"> - Continuous recording - Time sampling <ul style="list-style-type: none"> ▪ instantaneous sampling ▪ One-zero sampling

3.2. Neue Ansätze in der Verhaltensbeobachtung

Die Verhaltensforschung basiert in der Regel auf einer möglichst objektiven und abstrahierten Herangehensweise ohne subjektive Beeinflussung (MEAGHER, 2009; PRUNIER et al., 2012). Dabei wird in der Regel eine quantitative Beurteilung des Verhaltens durchgeführt (STOCKMAN et al., 2011). WEMELSFELDER et al. (2001) argumentieren jedoch, dass die spontane Einschätzung unbefangener Beobachter eine weit größere Aussagekraft hat als bisher angenommen. Dies setzten sie im Rahmen ihrer Studie über das „qualitative assessment of animal behaviour“ (QBA) um; die Personen waren in ihrer Wortwahl bei der Bezeichnung der Verhaltensweisen völlig frei. Bei dem Versuch wurden dieselben zehn weiblichen Mastschweine gleichzeitig von neun Personen beobachtet; diese hatten zuvor schon Tiere beobachtet, aber noch keine Erfahrung mit Schweinen (WEMELSFELDER et al., 2001). In einer ersten Phase hatten die Beobachter Zeit, sich ihre eigene Terminologie zu überlegen, die sie

dann in der zweiten Phase über zwei Tage hinweg anwandten; diese Begriffe durften sich dabei für jedes Schwein unterscheiden (WEMELSFELDER et al., 2001). Phase 2 wurde dann drei Wochen später mit neuen Schweinen wiederholt, die Beobachter sollten dabei ihre eigene Terminologie erneut anwenden (WEMELSFELDER et al., 2001). Zusätzlich wurden in der Studie von WEMELSFELDER et al. (2001) während der Live-Beobachtung von Phase 2 Videos angefertigt, die den Beobachtern in einer dritten Phase noch einmal zur Analyse vorgelegt wurden. Mittels Generalized Procrustes Analysis wurde dann ein einheitlicher Score ermittelt (WEMELSFELDER et al., 2001). Sowohl bei den Live- als auch bei den Video-Beobachtungen konnte in der Untersuchung von WEMELSFELDER et al. (2001) eine signifikante Übereinkunft aller Beobachter in ihrer Verhaltenseinschätzung festgestellt werden und eine Reproduzierbarkeit innerhalb der vier Beobachtungsphasen war mit großer Genauigkeit gegeben. Die Autoren zielten mit dieser sog. „free choice profiling“-Methode (FCP) darauf ab, das Tier im Gesamten und nicht nur einzelne Verhaltensweisen zu beurteilen.

Auch ein Jahrzehnt nach WEMELSFELDER et al. (2001) ist der FCP-Ansatz noch aktuell und wird weiter erforscht (STOCKMAN et al., 2011; RUTHERFORD et al., 2012). Zu bedenken ist bei der Etablierung jeder neuen Methodik, dass sie sich in ihrer Aussagekraft und Zuverlässigkeit beweisen muss und somit auch den Anspruch auf Reproduzierbarkeit haben sollte (MARTIN und BATESON, 2007). Die Studie von RUTHERFORD et al. (2012) zielt darauf ab, die Aussagekraft von FCP zu erhärten. Auch in ihrer Studie konnte eine Gruppe von Studenten, die erprobt in der Verhaltensbeobachtung von anderen Tierarten waren, mit eigens gewählten Begriffen eine nach Procrustes Analyse einheitliche Aussage zu der Emotionalität von Versuchsschweinen treffen. In dem Experiment ging es um eine verblindete, pharmakologisch erzielte Manipulation des Gemütszustandes von Schweinen. Mit der FCP-Methode konnte deutlich zwischen den manipulierten und den nicht behandelten Tieren unterschieden werden (RUTHERFORD et al., 2012). PHYTHIAN et al. (2013) wandten die QBA-Methode bei Schafen an und konnten eine sehr gute Inter-Observer-Übereinstimmung erzielen.

STOCKMAN et al. (2011) konnten die Erkenntnisse der QBA-Methode bei Rindern reproduzieren und zudem eine signifikante Korrelation zwischen den QBA-Ergebnissen und physiologischen Parametern (Körpertemperatur,

Herzfrequenz, Glukose im Plasma und Neutrophilen-Lymphozyten-Verhältnis) feststellen.

WEMELSFELDER et al. (2012) recherchierten, ob sich der Erfolg der QBA-Methode schmälert, wenn die beobachtenden Personen einen unterschiedlichen Hintergrund und eine unterschiedliche Einstellung zu den Tieren haben. In ihrer Studie wurden die FCP-Ergebnisse von Tierschützern, Landwirten und Tierärzten miteinander verglichen; die resultierenden Übereinstimmungen bekräftigten die Eignung der QBA-Methode trotz unterschiedlicher anthropomorpher Auffassungen. Bei der Untersuchung von MEUSER (2006) hingegen variierte die Schmerzeinschätzung bei Tieren (Beurteilung anhand von Fragebögen) deutlich nach Beruf, Geschlecht, Elternstatus, Haustierhaltung und persönlicher Erfahrung.

3.3. Schmerzverhalten

MELLORD und STAFFORD (2004) setzten sich intensiv mit der Definition und Beurteilung von schmerzbedingten Verhaltensweisen auseinander und stellten einen Leitfaden auf, der aus einer allgemeinen, einer physiologischen und einer verhaltensspezifischen Beurteilung von schmerzinduziertem Verhalten besteht. Im allgemeinen Teil postulierten sie, dass jeder Parameter, der bei Schmerz messbar ist, bei einem nicht schmerzhaften Tier absent sein muss. Zudem müssen ihrer Ansicht nach alle Ursachen für eine Erhöhung eines Parameterwertes beseitigt werden, die nicht definitiv auf tatsächlichem Schmerz begründen und weitere mögliche Einflussfaktoren berücksichtigt werden (z.B. Tierart, Geschlecht, Alter, Methodik etc.) Die Aussagekraft von Verhaltensparametern soll nach MELLOR und STAFFORD (2004) mit physiologischen Parametern fundiert werden; hierbei ist es wichtig, einen spezifischen Parameter auszuwählen, ihn ausreichend oft zu messen, um Verlaufsmuster und Schmerzdauer darstellen zu können, und ihn ausreichend numerisch aufzuarbeiten (z.B. nicht nur Dauer oder Maximalhöhe, sondern als Konzentrations-Zeit-Kurve). MELLOR und STAFFORD (2004) betonen zudem die Relevanz, jeden als schmerzhaft angesehenen Eingriff einzeln durchzuführen, Vergleichsgruppen unter Analgesie zu haben, Basalwerte jedes Individuums zu kennen und verschiedene Parameter auszuwerten (MELLOR und STAFFORD, 2004). Unter dem Gesichtspunkt von Verhalten als Parameter für Schmerz ist es für MELLOR und STAFFORD (2004) essenziell,

schmerzspezifische Verhaltensweisen zu identifizieren, die weder in „gesunden“ Tieren noch unter Analgesie auftreten. Sie präzisieren ferner, dass sich eine Verhaltensweise je nach Art der Verletzung unterschiedlich äußern und auch nur phasenweise zeigen kann. Nur wenn sich die schmerzinduzierte Verhaltensweise die ganze Zeit während des Schmerzempfindens zeigt, ist es gemäß ihrem Leitfaden möglich, auf die Dauer des Schmerzes zu schließen.

HAY et al. (2003) stellten eine detaillierte Liste genau definierter Verhaltensparameter zusammen, um das Schmerzverhalten nach der Kastration von Saugferkeln beurteilen zu können. Diese unterscheidet zwischen unspezifischen Verhaltensweisen (z.B. Zitzensuche, Gesäugemassage, Saugakt, Spielen, Schlafen, Liegen im Wachzustand), Haltungspositionen, Aufenthaltsort, Sozialverhalten und schmerzspezifischen Verhalten. Unter letzteres fielen in der Studie von HAY et al. (2003) Verharren, Kauern, steifes Liegen, Zittern, Muskelkrämpfe, Kratzen des Hinterteils und Schwanz wackeln. Mit diesen Parametern konnten sie erfolgreich zwischen kastrierten und nicht kastrierten Ferkeln unterscheiden, allerdings wurde in ihrer Studie kein Vergleich mit Tieren unter Analgesie vollzogen. Dieselben Schmerzparameter wurden bei der Untersuchung von HANSSON et al. (2011) angewendet; wenn die einzelnen Parameter als „Schmerzverhalten“ zusammengefasst wurden, unterschieden sich einige Versuchsgruppen, wohingegen bei der Einzelauswertung der Parameter keine Unterschiede festgestellt werden konnten. LANGHOFF (2008) griff die vermehrte Ruhelosigkeit bei kastrierten Ferkeln von HAY et al. (2003) auf und untersuchte die Anzahl der Positionswechsel (von Ruheverhalten in aktives Verhalten); sie konnte dabei Unterschiede zwischen kastrierten Ferkeln ohne Analgesie und den übrigen Versuchsgruppen (nicht kastriert oder kastriert unter Analgesie) feststellen.

III. MATERIAL UND METHODEN

1. Cortisol

1.1. Ziel der Untersuchung

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Stress- und Schmerzbelastung verschiedener routinemäßig durchgeführter zootechnischer Eingriffe im Vergleich zu messen. Der Eingriff Ohrmarken einziehen wurde dabei in Relation zu den Eingriffen Kastration und Schwanzkupieren gestellt werden. Als Parameter wurde der Verlauf der Cortisolkonzentration im Blut bestimmt. Zusätzlich wurden Vergleichsgruppen unter Analgesie untersucht, um Stress und Schmerz differenzieren zu können.

1.2. Anzeige des Versuchsvorhabens

Gemäß §8a des Tierschutzgesetzes wurde das Versuchsvorhaben bei der Regierung von Oberbayern angezeigt und von dieser am 18.07.2012 genehmigt. Es wird unter dem Aktenzeichen 55.2.1.54-2532.2-26-12 geführt. Die Untersuchungen und Probeentnahmen fanden im Zeitraum von August 2012 bis April 2013 statt.

1.3. Versuchsbetrieb

Die Untersuchung wurde im Lehr- und Versuchsgut Thalhausen des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München durchgeführt. Es handelt sich um einen geschlossenen Betrieb mit einer Größe von ca. 120 Zuchtsauen. Es werden Ferkel der Rassen Pietrain, Edelschwein, Deutsche Landrasse und deren Kreuzungen gezüchtet. Die Abferkelung erfolgt im Drei-Wochen-Rhythmus. In jedem der sechs Abferkelställe befinden sich acht Abferkelbuchten der Größe 2,2 x 1,7 m mit einer Bodenfläche aus Spaltenboden aus Gussrost, die vordere Hälfte ist mit einer Gummimatte ausgelegt. Die Sau ist in einem Diagonalstand untergebracht, neben ihrem Kopfende befindet sich das planbefestigte Ferkelnest. Es ist mit Sägespänen eingestreut und mit einer Infrarot-Wärmelampe und aufklappbarer Abdeckung ausgestattet. Die Sauen erhalten Flüssigfütterung; die Ferkel werden ab der ersten Lebenswoche über eine Rohrkettentransportanlage mit Trockenfutter versorgt. Alle Tiere haben ad libitum Zugang zu Wasser. Die Ferkel werden mit

vier Wochen abgesetzt. Neben dem Abferkelbereich verfügt der Betrieb noch über Deckzentren, Flatdecks, Mastställen sowie Warteställen (Gruppenhaltung, Zugang zu Freiläufen).

1.4. Versuchstiere

Am ersten Lebenstag wurden die Versuchsferkel (Masthybriden) gewogen und randomisiert nach Wurf und Gewicht in die jeweilige Versuchsgruppe eingeteilt (Tabelle 4). Hierfür wurden sie mit einem wasserfesten Markierstift mit Nummern versehen. Es wurde darauf geachtet, dass in jedem Wurf verschiedene Versuchsgruppen vorkamen. Es wurden nur Ferkel von klinisch gesunden Sauen eingeschlossen. Die Ferkel mussten ein Geburtsgewicht von mindestens 1300 g vorweisen und unauffällig in ihrem Allgemeinbefinden befunden worden sein. Es wurden keine Ferkel von Würfen genommen, in denen Fälle von Thrombozytopenischer Purpura oder Myoclonia congenita vorkamen. Kryptorchiden sowie Ferkel mit einer Hernia inguinalis, Hernia scrotalis oder einer kongenitalen myofibrillären Hypoplasie wurden ebenfalls nicht eingeschlossen.

Vor der Randomisierung wurden am ersten Lebenstag die Eckzähne durch den Betriebsleiter geschliffen. Um eine mögliche Stress- oder Schmerzreaktion durch Injektionen am dritten Lebenstag zu vermeiden, erfolgte die supplementäre Eisenversorgung mit oralem Eisen (FeVit-Mulgat[®], Veyx-Pharma, Schwarzenborn) in den ersten zwölf Lebensstunden. Weitere Handlingsmaßnahmen wurden vor dem Versuch nicht unternommen. Während des Versuches wurden nur die für die jeweilige Versuchsgruppe definierten Handlings- bzw. Eingriffsmaßnahmen durchgeführt.

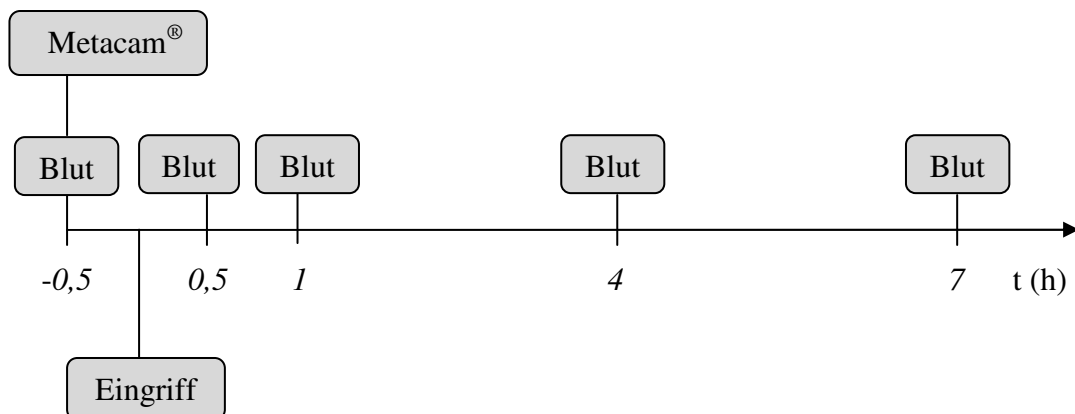
Insgesamt wurden in die Studie 210 Ferkel eingeschlossen und in 7 Versuchsgruppen à 30 Tiere eingeteilt (Tabelle 4). Der Versuch fand am dritten bzw. vierten Lebenstag der Ferkel statt.

Tabelle 4. Einteilung der Versuchsgruppen

Versuchsgruppe		Medikation	Eingriff	Anzahl
I	H	--	Handling	30
II	K	--	Kastration	30
III	KM	Meloxicam	Kastration	30
IV	O	--	Ohrmarken einziehen	30
V	OMM	Meloxicam	Ohrmarken einziehen	30
VI	S	--	Schwanzkupieren	30
VII	SM	Meloxicam	Schwanzkupieren	30

1.5. Versuchsablauf

Alle Eingriffe sowie alle Blutprobenentnahmen wurden von derselben versuchsdurchführenden Person durchgeführt. Von jedem Ferkel wurde zu fünf Zeitpunkten je 3 ml Blut aus der *Vena cava cranialis* entnommen (Primavette® V Serum, 7,5 ml KABE Labortechnik GmbH, Nümbrecht-Elsenroth; Sterican® Kanülen 0,8 x 40 mm, B. Braun Melsungen AG, Melsungen). Die Ferkel wurden dabei von einer assistierenden Person in Rückenlage fixiert.

**Abbildung 2. Zeitschema**

1.5.1. Vor dem Eingriff

Am Tag des Versuches wurde jedem Ferkel Blut entnommen; dieser Basalwert fungierte als Referenzwert. Direkt anschließend wurde den Ferkeln aus den Gruppen KM, OMM und SM 0,4 mg/kg Metacam® (5 mg/ml; Boehringer

Ingelheim Vetmedica GmbH, Ingelheim am Rhein) in die Nackenmuskulatur appliziert.

1.5.2. Eingriffe

Eine halbe Stunde nach dem Basalwert und ggf. der Schmerzmittelgabe fand der jeweilige Eingriff statt. Die Handlingstiere wurden aus der Bucht genommen, 30 sec im Arm gehalten und wieder zurückgesetzt. Die Kastrationsgruppen wurden in einem Kastrationsbock kastriert. Dabei wurden nach Reinigung des Skrotalbereichs mit Alkohol die Hoden durch zwei Inzisionen parallel zur Raphe scroti entwickelt und unbedeckt mit dem Skalpell abgesetzt. Auf den Wundbereich wurde lokal Jodspray appliziert. Für jedes Ferkel eine frische Skalpellklinge verwendet. Die Ohrmarken-Gruppen wurden von einer assistierenden Person auf dem Arm gehalten, während die versuchsdurchführende Person die Ferkelohrmarke (Twin Tags, Albert Kerbl GmbH, Buchbach, Abb. 3) mit einer Ohrmarkenzange (Twintag Applicator, Albert Kerbl GmbH, Buchbach) in das linke Ohr zwischen die Ohrknorpel so verbrachte, dass keine größeren Gefäße beschädigt wurden. Die Ferkel aus den Schwanzkupiergruppen wurden von der assistierenden Person im Arm gehalten, während die versuchsdurchführende Person den Schwanz mit einem Seitenschneider (Typ V2A, gerade, Schippers GmbH, Kerken) um ein Drittel kürzte.



Abbildung 3. Beispiel einer Twin Tag - Ohrmarke aus dem Versuchsbetrieb

1.5.3. Nach dem Eingriff

Nach dem jeweiligen Eingriff wurde erneut Blut genommen. Dies erfolgte nach einer halben Stunde, einer Stunde, vier und sieben Stunden. Direkt nach dem 4 h-Wert wurde erneut eine kurze Allgemeinuntersuchung durchgeführt und eventuelle Auffälligkeiten (z.B. Dekubitalstellen, Ballenhämatome) wurden notiert. Erst nachdem die letzte Blutprobe entnommen war, wurden die jeweils noch ausstehenden zootechnischen Eingriffe bei allen Tieren vollzogen.

1.6. Probenverarbeitung

Jede Blutprobe wurde direkt nach der Entnahme in Eiswasser gekühlt. Alle Proben wurden noch am selben Tag bei 3000 U/min zehn Minuten lang bei 4°C zentrifugiert und das Serum in Eppendorf Tubes[®] (Fa. Eppendorf AG, Hamburg) pipettiert. Von jeder Probe wurden Rückstellproben aliquotiert. Die Lagerung der Proben erfolgte bei -20°C. Der Cortisolwert wurde mit dem Gerät Elecsys[®] 2010 (Fa. Roche Diagnostics GmbH, Mannheim) in der Klinik für Schweine der Ludwig-Maximilians-Universität München in Oberschleißheim ermittelt. Diese Messungen basieren auf einem elektrochemischen Lumineszenzverfahren. Die Präzision der Ergebnisse wurde anhand von Kontrollseren täglich überprüft.

2. Verhaltensbeobachtung

Im zweiten Teil der vorliegenden Studie war es Ziel, eine reproduzierbare Methodik der Verhaltensanalytik für die Beurteilung kastrationsbedingter Schmerzen bei Saugferkeln zu entwickeln. Dies erfolgte anhand der Auswertung von Videos.

2.1. Versuchstiere

Die Videoaufnahmen entstanden im Februar bzw. März 2010 im Schweinezentrum Gießhübl, Amstetten, Österreich. Hierbei handelt es sich um einen Ferkelerzeugerbetrieb mit 600 Sauen, die im 4-Wochen-Rhythmus abferkeln. Die Sauen stehen in einem Kastenstand, der in einer Abferkelbucht mit einer Größe von entweder 1,7 x 2,4 m bzw. 1,42 x 2,88 m untergebracht ist. Die Ferkelnester befinden sich an beiden Seiten neben der Sau oder am Kopfende von der Sau, ansonsten besteht der Untergrund aus Spaltenboden. Die Wasserzufuhr erfolgt für Sau und Ferkel ad libitum. Am ersten Lebenstag erhalten die Ferkel

eine individuelle Ohrmarke.

Für die Videoaufnahmen wurden nur normalanatomische Ferkel (Kreuzung zwischen Edelschwein und Pietrain) mit einem Geburtsgewicht von mindestens 1200 g in die Versuchsgruppen randomisiert eingeteilt. Aus jeder Bucht wurden drei Ferkel in die Studie aufgenommen und mit unterschiedlichen Farben markiert; davon wurde eines kastriert (ohne Analgesie), eines wurde mit vorheriger Schmerzmittelgabe (Metacam[®] 5 mg/ml; Boehringer Ingelheim Regional Center Vienna, Wien) kastriert und eines erhielt lediglich das Schmerzmittel und wurde in den Kastrationsbock eingespannt, aber wurde nicht kastriert. Insgesamt wurden Ferkel aus 21 Buchten eingeschlossen. Die Gruppeneinteilung erfolgte verblindet (Tabelle 5), die Farbmarkierung der Ferkel wechselte zwischen den Gruppen. Anschließend wurden die Ferkel wieder in die Bucht zurückgesetzt. Zentral über der Bucht wurde eine Videokamera (Panasonic DMC-TZ7) installiert und jeweils die erste, dritte und fünfte Stunde nach der Kastration gefilmt.

Tabelle 5. Versuchsgruppen für die Verhaltensbeobachtung

Gruppe	Medikation	Eingriff	Anzahl
H	Meloxicam	keine Kastration	21
K	--	Kastration	21
KM	Meloxicam	Kastration	21

Die Applikation des Schmerzmittels erfolgte in den Gruppen H und KM 15 - 30 min vor der Kastration in die rechte Nackenmuskulatur. Bei der Kastration der Gruppen K und KM wurden die Ferkel in einen Kastrationsbock eingespannt, anschließend wurde das Skrotum mit zwei Inzisionen eröffnet und die Hoden wurden mit dem Skalpell abgesetzt. Ein antiseptisches Puder wurde lokal angewendet. Die Skalpellklinge wurde zwischen den Kastrationen mit Alkohol gereinigt und nach jedem zehnten Ferkel ausgetauscht. Erst nach Abschluss des Versuches wurden weitere zootechnische Maßnahmen vollzogen. Zum Zeitpunkt der Kastration waren die Ferkel 4-6 Tage alt.

2.2. Videoauswertung

Die auswertende Person erhielt die verblindeten Videoaufnahmen sowie das allgemeine Versuchsprotokoll. Sie war bei der Aufnahme der Videos und der Durchführung der Eingriffe nicht anwesend und wurde so durch die Vorgänge in dem Betrieb nicht beeinflusst.

In der ersten Stunde nach der Kastration wurden die jeweils ersten zehn Minuten nach dem Zurücksetzen in die Bucht und dann die Zeit von 15 - 25 min nach dem Zurücksetzen ausgewertet. Von der dritten und fünften Stunde nach der Kastration wurden jeweils die ersten zehn Minuten ausgewertet. Als „sampling rule“ wurde „focal sampling“ gewählt, als „recording rule“ das „continuous recording“. Dementsprechend wurde jede Videosequenz (Tabelle 6) dreimal analysiert, je einmal pro Versuchsferkel, und jedes Ferkel wurde somit über genau denselben Zeitraum beobachtet.

Tabelle 6. Ausgewertete Zeiträume der Videoaufnahmen

Zeitraum	Stunde nach dem Eingriff	konkreter Beobachtungszeitraum
1	Std. 1	die ersten 10 min nach Eingriff/Handling
2	Std. 1	min 15-25 nach Eingriff/Handling
3	Std. 3	die ersten 10 min von Stunde 3
4	Std. 5	die ersten 10 min von Stunde 5
1+2	Std. 1	min 0-10 sowie min 15-25

Die Auswertung erfolgte nach vorher festgelegten Definitionen. Die Verhaltensparameter wurden in Anlehnung an HAY et al. (2003) in unspezifisches Verhalten, schmerzspezifisches Verhalten und Sozialverhalten eingeteilt.

Tabelle 7. Definitionen der unspezifischen Verhaltensweisen

Nicht spezifisches Verhalten	
Zeit am Gesäuge (ZaG)	allgemein Beschäftigung an der Zitze, kein Unterschied ob Massage der Zitzen oder Saugakt selber, gewertet wenn Zitze im Maul mit rhythmischen saugenden Bewegungen oder Rüsselscheibe in Euterkontakt mit rhythmischen Auf- und Abbewegungen
Liegen (L)	bewegungsloses Liegen in Brustlage (Sternum in Bodenkontakt) oder Seitenlage (Schulter in Bodenkontakt), wach (Augen offen bzw. Bewegung zeigend oder Kopf tragend) oder schlafend (Augen geschlossen bzw. bewegungslos, Kopf abgelegt)
Spielen (Sp)	Kopf schütteln, plötzliches (Auf-)springen, Rennen mit vertikalen oder horizontalen hüpfenden Bewegungen, allein oder aktives Animieren eines Partners (Anstupsen, Anstoßen, Aufsteigen, Jagen), gewertet wenn > 3 sec lang

Tabelle 8. Definitionen der schmerzspezifischen Verhaltensweisen

Schmerzspezifisches Verhalten	
Schwanz wackeln (Sw)	vertikale oder horizontale Bewegungen des Schwanzes, gewertet bei > 3 Bewegungsabläufen, ab 5 sec Dauer als neuer Event gezählt
Schmerzhaltung (Sm)	<p><u>prostration</u>: Verharren, bewegungsloses Stehen mit abgesenktem Kopf, der unterhalb der Schulterhöhe getragen wird, >3 sec</p> <p><u>huddled up</u>: beim Liegen befinden sich mindestens drei Gliedmaßen unter dem Körper, > 3 sec</p> <p><u>kneeling</u>: bewegungslos, Körpergewicht wird von Karpalgelenk und Hinterbeinen getragen, > 3 sec</p> <p><u>scratching</u>: Hinterteil gegen den Boden, die Wand oder das Muttertier reiben, > 2 sec</p> <p><u>Zucken mit Hintergliedmaße</u>: schnelle Kontraktur der Hintergliedmaße</p>
Positionswechsel (Pw)	Wechsel der Position aus dem Ruhen (Liegen, Sitzen), nicht gezählt wenn fremdinduziert

Tabelle 9. Definitionen der Sozialverhaltensweisen

Sozialverhalten	
Isolation (Is)	Aufenthalt abseits der Wurfgeschwister, mindestens 40 cm Abstand (2 Ferkelbreiten) zum nächstgelegenen Wurfgenossen, nur gezählt wenn gleichzeitig desynchrones Verhalten, > 5sec
Desynchronisation (Dy)	Aktivität unterscheidet sich von mindestens 75% der Wurfgeschwister, > 5 sec

Die unspezifischen Verhaltensweisen (Tabelle 7) wurden jeweils als Status betrachtet und die Zeit in Sekunden gemessen, die das jeweilige Ferkel in dem Status verbrachte. Schmerzverhalten (Tabelle 8) und Sozialverhalten (Tabelle 9) wurden als Events betrachtet und damit die Anzahl der Events pro Verhaltensweise notiert. Bei längerem Schwanzwackeln wurde alle fünf Sekunden ein neuer Event notiert, um die Intensität des Schwanzwackelns miteinzubeziehen. Bei den anderen Schmerz- und Sozialverhaltensweisen wurde nur ein neuer Event notiert, wenn die Position bzw. Lokalisation gewechselt wurde. Wenn auf das Aktivverhalten Bezug genommen wurde, wurde dies als die Gesamtzeit minus die Liegezeit definiert. Die Zeit, die nicht am Gesäuge, im Liegen oder im Spielverhalten verbracht wurde, wurde als sonstige Aktivität definiert (Sonst.).

Für die Erstellung der Intra- und Inter-Observer Reliabilität wurden Videosequenzen des Zeitraums 1 ausgewählt; insgesamt wurden jeweils neun Ferkel erneut ausgewertet. Es wurde darauf geachtet, Videos auszuwählen, die in der ursprünglichen Analyse zu Beginn, in der Mitte und am Ende ausgewertet worden waren.

3. Statistische Auswertung

3.1. Cortisol

Die Cortisol Daten wurden mit den Programmen IBM SPSS Statistics 20.0 und Microsoft Office Excel 2010 ausgewertet. Die Versuchseinheit war das einzelne Ferkel. Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test (mit Signifikanzkorrektur nach

Lilliefors) wurden die Daten auf Normalverteilung getestet. Da diese nicht gegeben war, wurde ein Kruskal-Wallis-Test angewendet, der zu den Zeitpunkten 0,5 h, 1 h und 4 h Signifikanzen erkennen ließ. Daher wurde für diese Zeitpunkte ein exakter und einseitiger Mann-Whitney U-Test durchgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen Paarvergleiche beim Vergleich der Gruppen ohne Analgesie (H mit K; H mit O; H mit S; K mit O; K mit S; O mit S) wurde das Signifikanzniveau nach Bonferroni-Holm korrigiert, um den Typ I-Fehler zu minimieren; die Signifikanzniveaus wurden dementsprechend auf 0,83%, 1,00%, 1,25%, 1,67%, 2,50% und 5,00% angehoben, wobei diese Reihenfolge mit der jeweils ausgeprägtesten Signifikanz unter den Paarvergleichen beginnt (HOLM, 1979). Beim Vergleich der Eingriffe mit Analgesie war keine Anpassung des Signifikanzniveaus notwendig, da nur ein einzelner Vergleich vorgenommen wurde; hier liegt das Signifikanzniveau dementsprechend bei 5,00%. Der AUC (Area under the curve) wurde für jede Versuchsgruppe nach den Angaben von BLAND (2009) berechnet und anschließend ebenfalls mit Kruskal-Wallis-Test und Mann-Whitney U-Test (einseitig und exakt) statistisch ausgewertet. Die dimensionslose Effektgröße Cohen's d wurde nach NAKAGAWA und CUTHILL (2007) ermittelt; dabei steht $d < 0,5$ für einen kleinen Effekt, $d \geq 0,5$ für einen mittleren Effekt und $d \geq 0,8$ für einen großen Effekt. Die Daten sind als Mittelwerte mit der Standardabweichung (SD) als Streuungsindikator angegeben. Der Standardfehler (SEM) gibt das Maß der Schätzgenauigkeit.

3.2. Verhaltensbeobachtung

Die Verhaltensdaten wurden mit den Programmen IBM SPSS Statistics 20.0 und Microsoft Office Excel 2010 ausgewertet. Die Versuchseinheit war das einzelne Ferkel. Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test (mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors) wurden die Daten auf Normalverteilung getestet. Diese war nur bei dem Parameter „Liegen“ gegeben; daher wurde hier ein Anova-Test durchgeführt. Für die übrigen Parameter wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Bei den dort signifikanten Ergebnissen wurde ein Mann-Whitney U-Test vorgenommen. Aufgrund der drei Paarvergleiche (H mit K; H mit KM; K mit KM) wurden die Signifikanzniveaus nach Bonferroni-Holm auf 1,67%, 2,50% und 5,00% korrigiert (mit der stärksten Signifikanz beginnend). Neben der Auswertung der vier Beobachtungssequenzen im Einzelnen wurden die Beobachtungssequenzen

1+2 zusammengefasst und ebenfalls statistisch ausgewertet. Bei den unspezifischen Verhaltensweisen Zeit am Gesäuge und Liegen wurde die exakte zweiseitige Signifikanz berechnet, beim Spielen sowie beim Schmerz- und Sozialverhalten die exakte einseitige Signifikanz.

Für die Analyse der Intra- und Inter-Oberserver Reliabilität wurden bei den unspezifischen Verhaltensweisen Korrelationsanalysen nach Pearson durchgeführt. Da auch bei hoher Korrelation eine systematische Abweichung der Beobachter vorliegen kann (KNIERIM, 2013), wurde die Steigung der Regressionsgeraden berechnet. Je näher der Korrelationskoeffizient r an 1 liegt, desto höher ist der lineare Zusammenhang (MARTIN und BATESON, 2007). Ein $r > 0,8$ wird als hoher linearer Zusammenhang gewertet. Je näher die Steigung der Regressionsgeraden an 1 liegt, desto unkritischer ist das Ergebnis (KNIERIM, 2013). Für das Schmerz- und Sozialverhalten wurde eine Intra-class-Korrelationsanalyse (Modell: zweifach gemischt; Typ: Konsistenz) vorgenommen. Ab einem (dimensionslosen) Wert von 0,7 wird die Korrelation als akzeptabel angesehen (MARTIN und BATESON, 2007), ein Wert $> 0,9$ (einzelnes Maß) spricht für eine sehr gute Intra- bzw. Inter-Observer Reliabilität.

IV. ERGEBNISSE

1. Cortisol

1.1. Eingriffe ohne Analgesie

Die mittleren Cortisolkonzentrationen sowie der AUC der untersuchten Eingriffe sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10. Mittlere Cortisolkonzentrationen (nmol/l) vor (-0,5) und 0,5 h, 1 h, 4 h und 7 h nach Handling/Eingriff (Mittelwert \pm SD (SEM)) der Versuchsgruppen H, K, O, S (je n = 30)

Zeit	Cortisol			
	H	K	O	S
-0,5	50,6 \pm 28,1 (5,1)	58,1 \pm 28,4 (5,2)	41,8 \pm 19,1 (3,5)	47,8 \pm 21,1 (3,9)
0,5	77,8 ^a \pm 54,5 (10,0)	270,2 ^b \pm 120,8 (22,1)	169,5 ^c \pm 99,4 (18,1)	130,4 ^c \pm 85,1 (15,5)
1	107,9 ^a \pm 88,6 (16,2)	246,5 ^b \pm 159,6 (29,1)	207,8 ^{b,c} \pm 128,5 (23,5)	147,2 ^{a,c} \pm 120,0 (21,9)
4	58,2 ^a \pm 42,2 (7,7)	92,1 ^{b,c} \pm 63,2 (11,5)	57,2 ^{a,c} \pm 26,7 (4,9)	56,7 ^a \pm 37,9 (6,9)
7	58,2 \pm 42,2 (6,2)	54,7 \pm 24,8 (4,5)	63,3 \pm 36,5 (6,7)	57,3 \pm 45,4 (8,3)
AUC	525,9 ^a \pm 200,1 (36,5)	1021,4 ^b \pm 359,0 (65,6)	778,0 ^c \pm 295,8 (54,0)	635,3 ^a \pm 328,1 (59,9)

^{a,b,c}: unterschiedliche Fußnoten innerhalb eines Beprobungszeitpunktes kennzeichnen (nach Bonferroni-Holm-Adjustierung) signifikante Unterschiede

Die Cortisolkonzentrationen im Serum der Ferkel der O-Gruppe stiegen bis zum 60 min-Wert an und erreichten bis zum 4 h-Wert wieder die Basalkonzentration (Abb. 4). Die Konzentrationen waren im Mittel 30 min nach dem Eingriff um 118% höher und nach 60 min um 93% höher als bei den Ferkeln der Gruppe H und unterschieden sich signifikant voneinander (p (30 min) < 0,001; p (60 min) = 0,001). Die Effektgrößen zwischen Gruppe O und Gruppe H waren zu den

Zeitpunkten 30 min ($d = 1,14$) und 60 min ($d = 0,90$) groß (Tabelle 11). Der AUC-Wert (Area under the curve, Abb. 4) unterschied sich signifikant zwischen Ferkeln der Gruppen H und O ($p < 0,001$) und wies einen großen Effekt auf ($d = 1,00$; Tabelle 11).

Beim Vergleich zu der Kastration (K) zeigten Ferkel der O-Gruppe mit um 59% niedrigeren Cortisolwerten 30 min nach dem Eingriff einen statistisch signifikanten Unterschied ($p = 0,001$; $d = 0,91$). Im weiteren Verlauf stieg der Cortisolspiegel nach 60 min bei Ferkeln der O-Gruppe weiter an, während er bei Ferkeln der K-Gruppe bereits sank; dadurch unterschieden sich beide Gruppen im weiteren Verlauf nicht signifikant (Abb. 4). Auf Dauer und Intensität der Stress- und Schmerzbelastung bezogen (AUC) unterschieden sich die Ferkel der O- und K-Gruppe signifikant ($p \text{ (AUC)} = 0,012$; $d = 0,74$).

Im Vergleich zu Schwanzkupieren zeigten Ferkel der O-Gruppe im Mittel keine signifikanten Unterschiede zu einzelnen Zeitpunkten. Im AUC wiesen die Ferkel der O-Gruppe einen signifikant höheren Wert auf als bei der S-Gruppe ($p = 0,019$; $d = 0,46$).

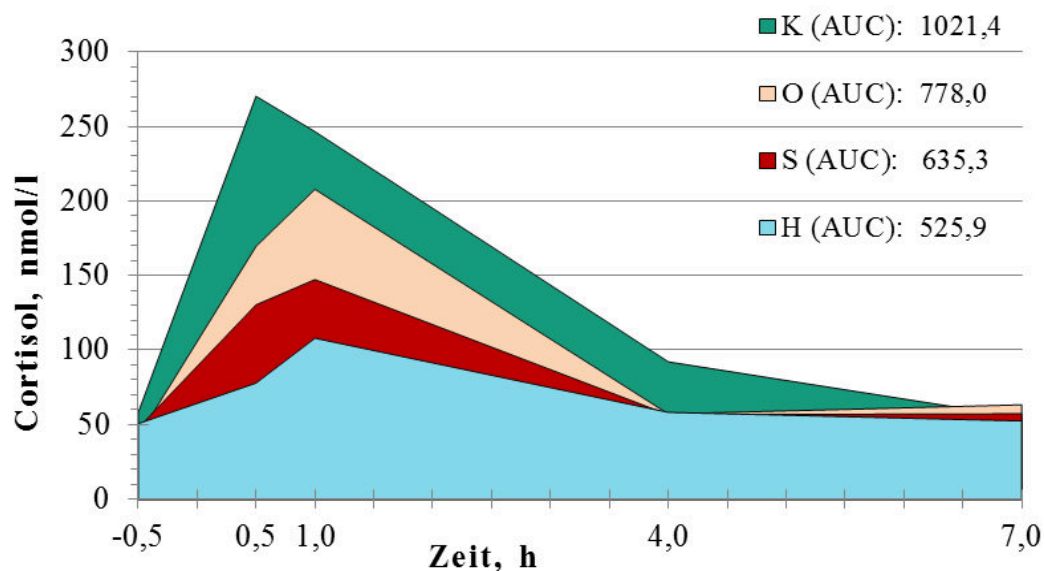


Abbildung 4. Verlauf der mittleren Cortisolkonzentration der Eingriffe K, O, S und H über die Zeit (AUC)

Im Mittel waren die maximalen Cortisolkonzentrationen der kastrierten Ferkel (Gruppe K) nach 30 min erreicht und unterschieden sich bis 4 h nach der Kastration signifikant von den Cortisolkonzentrationen der Handlingsgruppe H.

30 min nach der Kastration stieg die Cortisolkonzentration mit einem großen Effekt ($d = 2,05$) signifikant an ($p < 0,001$) und betrug 247% im Vergleich zur Handlingsgruppe. Nach 60 min ($p < 0,001$) und 4 h ($p = 0,01$) war die Cortisolkonzentration der K-Gruppe (im Vergleich zur H-Gruppe) noch signifikant um 128% bzw. 58% erhöht ($d = 1,07$ bzw. $d = 0,63$).

Im Vergleich zum Schwanzkupieren erzeugte die Kastration 30 min ($p < 0,001$; $d = 1,34$), 60 min ($p = 0,001$; $d = 0,70$) und 4 h ($p = 0,007$; $d = 0,68$) nach dem Eingriff signifikant höhere Cortisolwerte als das Schwanzkupieren. Die entsprechenden Cortisolwerte waren damit um 2,07-fache (30 min), 1,67-fache (60 min) bzw. 1,63-fache erhöht zu den Cortisolwerten nach dem Schwanzkupieren. Der AUC der K-Gruppe unterschied sich signifikant im Vergleich zur H- ($p < 0,001$; $d = 1,71$), zur O- ($p = 0,012$; $d = 0,74$) sowie zur S-Gruppe ($p < 0,001$; $d = 1,12$). Die Basalkonzentration der kastrierten Ferkel wurden im Mittel beim 7 h-Wert wieder erreicht.

Bei den schwanzkupierte Ferkeln erreichten die Cortisolkonzentrationen ihr Maximum im Mittel 60 min nach dem Eingriff und sanken bis zum 4 h-Wert wieder auf Basalniveau ab. Die Werte der S-Gruppe unterschieden sich 30 min nach dem Eingriff von der Handlingsgruppe signifikant ($p < 0,001$) und wiesen mit um 68% höheren Konzentrationen einen mittleren Effekt auf ($d = 0,74$). Der AUC der S-Gruppe unterschied sich nicht signifikant von der Handlingsgruppe.

Tabelle 11. Effektgrößen (d) der mittleren Cortisolkonzentrationen und des AUCs zwischen den Versuchsgruppen H, K, O, S zu den unterschiedlichen Beprobungszeitpunkten im Vergleich

Eingriffe	Cortisolkonzentration					AUC
	-0,5 h	0,5 h	1 h	4 h	7 h	
H-K	0,26	2,05	1,07	0,63	0,08	1,71
H-O	0,37	1,14	0,90	0,03	0,31	1,00
H-S	0,12	0,74	0,37	0,04	0,12	0,40
K-O	0,67	0,91	0,27	0,72	0,27	0,74
K-S	0,41	1,34	0,70	0,68	0,07	1,12
O-S	0,30	0,49	0,49	0,02	0,14	0,46

Grau hinterlegt und fett geschrieben: große Effektgröße ($d > 0,8$)

Weiß hinterlegt und fett geschrieben: mittlere Effektgröße ($d > 0,5$)

Nicht fett geschrieben: kleine Effektgröße ($d < 0,5$)

Tabelle 12. p-Werte des Vergleichs der mittleren Cortisolkonzentrationen und des AUCs zwischen den Versuchsgruppen H, K, O, S zu den unterschiedlichen Beprobungszeitpunkten

Eingriffe	Cortisolkonzentration					AUC
	-0,5 h	0,5 h	1 h	4 h	7 h	
H-K	0,119	< 0,001	< 0,001	0,010	0,160	< 0,001
H-O	0,121	< 0,001	0,001	0,252	0,091	< 0,001
H-S	0,474	< 0,001	0,034	0,485	0,491	0,171
K-O	0,013	0,001	0,187	0,027	0,220	0,012
K-S	0,077	< 0,001	0,001	0,007	0,104	< 0,001
O-S	0,075	0,082	0,036	0,261	0,073	0,019

Nach Bonferroni-Holm Adjustierung signifikante Werte sind fett markiert.

Die Cortisolkonzentration der Ferkel der Gruppen H und O erreichten ihren Maximalwert im Mittel 60 min nach dem Eingriff, während die Cortisolkonzentration der Ferkel der Gruppe K im Mittel 30 min nach dem Eingriff maximal war. Die Maximalkonzentration der Ferkel der S-Gruppe wurde 30 min nach Eingriff erreicht und blieb im Mittel bis zum 60 min-Wert konstant. Die Zeitpunkte, bei denen bei den unterschiedlichen Eingriffsgruppen die Maximalkonzentration erreicht war, unterschieden sich zwischen keinen Gruppen signifikant.

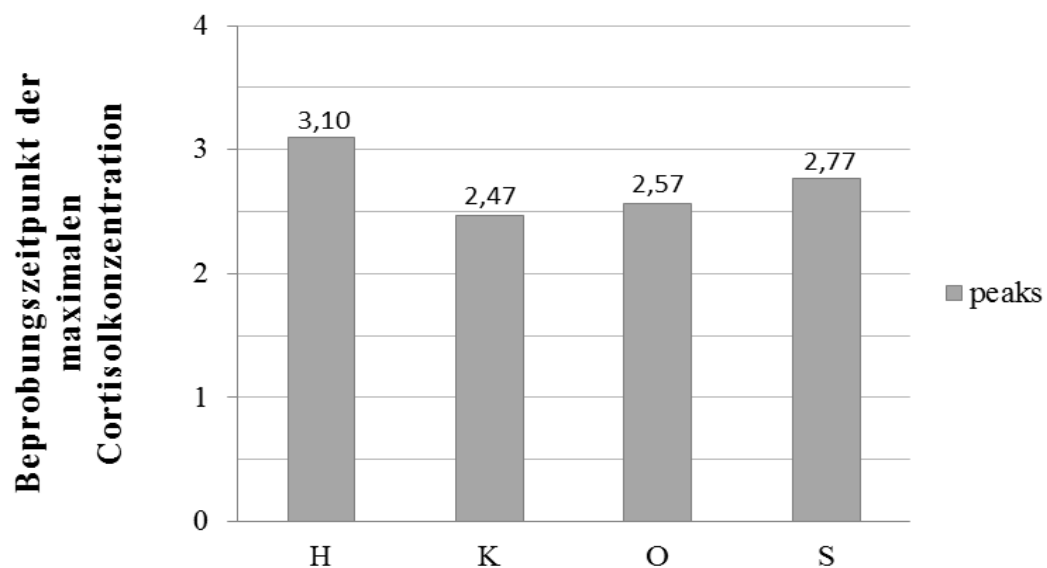


Abbildung 5. Mittelwert des Beprobungszeitpunktes mit der maximalen Cortisolkonzentration der Versuchsgruppen H, K, O und S

1.2. Eingriffe mit Analgesie

Die mittleren Cortisolkonzentrationen des Vergleichs der drei Eingriffe Kastration, Ohrmarken einziehen und Schwanzkupieren mit und ohne Schmerzmittel sind in Tabelle 14 dargestellt, die dazugehörigen p-Werte in Tabelle 13.

Tabelle 13. p-Werte des Vergleichs der mittleren Cortisolkonzentrationen zu den unterschiedlichen Beprobungszeitpunkten und des AUCs zwischen den Versuchsgruppen mit (KM, OMM, SM) und ohne Analgesie (K, O, S)

Eingriffe	Cortisolkonzentration					AUC
	-0,5 h	0,5 h	1 h	4 h	7 h	
K-KM	0,387	0,077	0,061	0,001	0,086	< 0,001
O-OMM	0,107	0,001	0,003	0,143	0,091	0,010
S-SM	0,365	0,003	0,036	0,349	0,281	0,077

Nach Bonferroni-Holm Adjustierung signifikante Werte sind fett markiert.

Die Cortisolkonzentration war bei Ferkeln der OMM-Gruppe im Mittel nach 30 min ($p = 0,001$) um 86% und nach 60 min ($p = 0,003$) um 78% signifikant niedriger mit großem Effekt (Tabelle 15) als bei Ferkeln der O-Gruppe ($d = 0,98$ bzw. $d = 0,88$). Der AUC (Abb. 6) unterschied sich zwischen beiden Gruppen (O und OMM) signifikant ($p = 0,01$) mit $d = 0,92$.

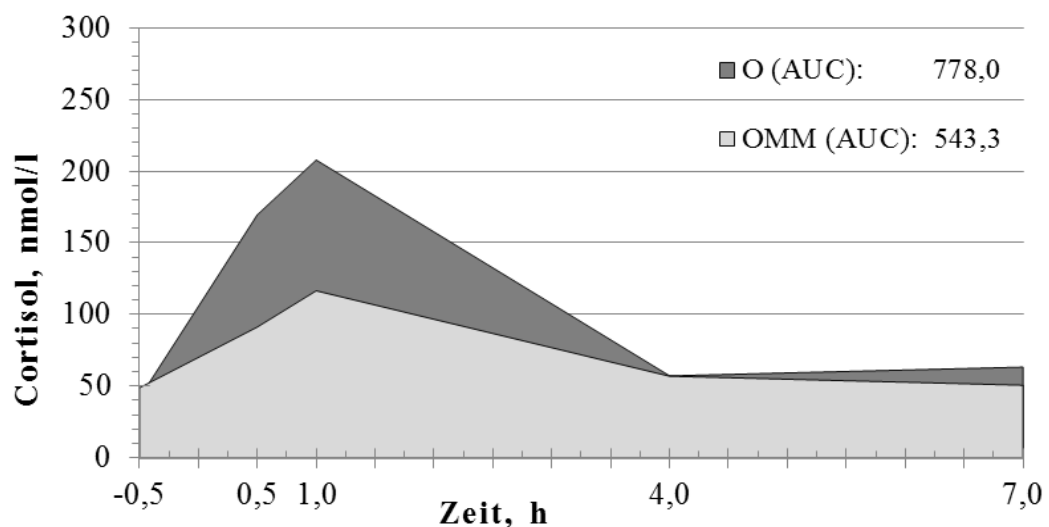


Abbildung 6. Verlauf der mittleren Cortisolkonzentrationen der Versuchsgruppen O und OMM (AUC)

Tabelle 14. Mittlere Cortisolkonzentrationen (nmol/l) vor und 0,5 h, 1 h, 4 h und 7 h nach Eingriff; mit und ohne Analgesie im Vergleich (Mittelwert \pm SD (SEM)) der Versuchsgruppen K, KM, O, OMM, S, SM (je n = 30)

Zeit	Cortisol					
	K	KM	O	OMM	S	SM
-0,5	58,1 \pm 28,4 (5,2)	54,6 \pm 25,8 (4,7)	41,8 \pm 19,1 (3,5)	48,8 \pm 23,1 (4,2)	47,8 \pm 21,1 (3,9)	56,5 \pm 36,8 (6,7)
0,5	270,2 \pm 120,8 (22,1)	224,1 \pm 105,1 (19,2)	169,5 ^A \pm 99,4 (18,1)	91,2 ^{AA} \pm 54,5 (10,0)	130,4 [♦] \pm 85,1 (15,5)	83,9 ^{♦♦} \pm 41,7 (7,6)
1	246,5 \pm 159,6 (29,1)	192,5 \pm 139,6 (25,5)	207,8 ^A \pm 128,5 (23,5)	116,5 ^{AA} \pm 71,7 (13,1)	147,2 [♦] \pm 120,0 (21,9)	105,1 ^{♦♦} \pm 83,1 (15,2)
4	92,1 [*] \pm 63,2 (11,5)	36,6 ^{**} \pm 21,3 (3,9)	57,2 \pm 26,7 (4,9)	56,9 \pm 43,1 (7,9)	56,7 \pm 37,9 (6,9)	50,2 \pm 29,7 (5,4)
7	54,7 \pm 24,8 (4,5)	49,6 \pm 31,7 (5,8)	63,3 \pm 36,5 (6,7)	50,6 \pm 23,9 (4,4)	57,3 \pm 45,4 (8,3)	52,6 \pm 31,6 (5,8)
AUC	1021,4 [*] \pm 359,0 (65,6)	716,5 ^{**} \pm 342,6 (62,6)	778,0 ^A \pm 295,8 (54,0)	543,3 ^{AA} \pm 203,2 (37,1)	635,3 \pm 328,1 (59,9)	504,5 \pm 187,2 (34,2)

*^{♦♦}: unterschiedliche Anzahl desselben Symbol innerhalb eines Beprobungszeitpunktes kennzeichnen (nach Bonferroni-Holm-Adjustierung) signifikante Unterschiede

Nach der Kastration unterschieden sich die Cortisolkonzentrationen zwischen Ferkeln mit und ohne Analgesie (K, KM) 4 h nach dem Eingriff signifikant ($p < 0,001$; $d = 1,18$). Die Ferkel der KM-Gruppe erreichten das Basalniveau bereits nach 4 h, während dies bei den Ferkeln der K-Gruppe erst 7 h nach dem Eingriff der Fall war. Auf Dauer und Intensität der Stress- und Schmerzbelastung (AUC, Abb. 7) bezogen unterschieden sich die Cortisolkonzentrationen beider Gruppen signifikant ($p \text{ (AUC)} < 0,001$; $d = 0,87$).

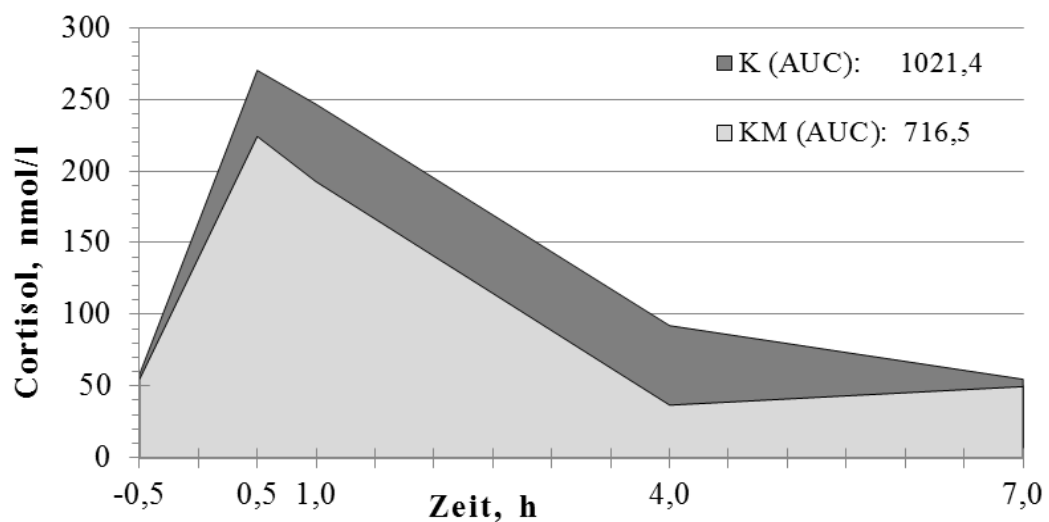


Abbildung 7. Verlauf der mittleren Cortisolkonzentrationen der Versuchsgruppen K und KM (AUC)

Beim Schwanzkupieren unterschieden sich die Gruppen mit (SM) und ohne Analgesie (S) signifikant 30 min ($p = 0,003$; $d = 0,69$) sowie 60 min nach dem Eingriff ($p = 0,036$; $d = 0,41$). Der AUC (Abb. 8) unterschied sich nicht signifikant bei kleinem Effekt ($d = 0,49$).

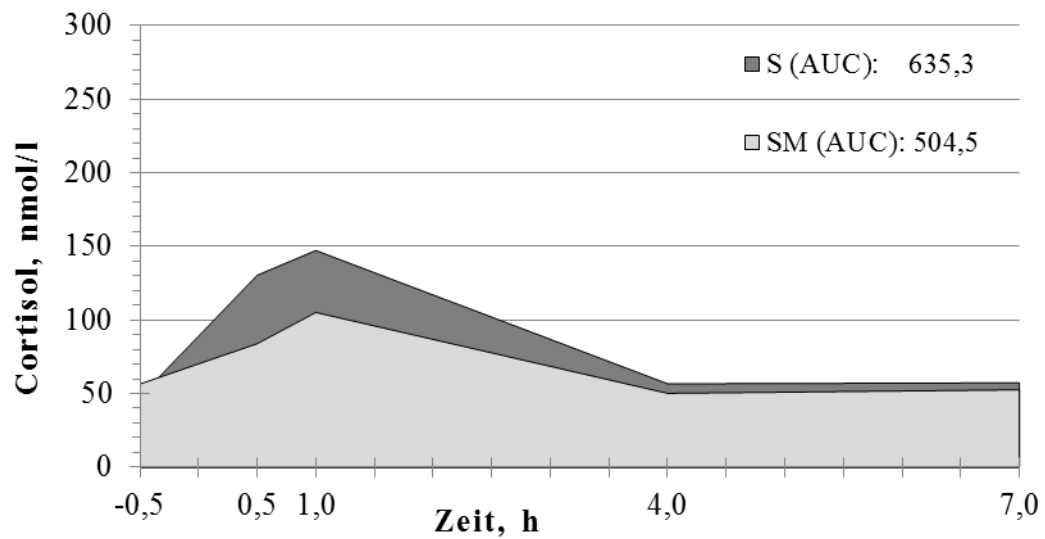


Abbildung 8. Verlauf der mittleren Cortisolkonzentrationen der Versuchsgruppen S und SM (AUC)

Tabelle 15. Effektgrößen (d) zwischen den Versuchsgruppen mit (KM, OMM, SM) und ohne Analgesie (K, O, S) im Vergleich

Eingriffe	Cortisolkonzentration					AUC
	-0,5 h	0,5 h	1 h	4 h	7 h	
K-KM	0,12	0,41	0,36	1,18	0,18	0,87
O-OMM	0,33	0,98	0,88	0,01	0,41	0,92
S-SM	0,29	0,69	0,41	0,20	0,10	0,49

Grau hinterlegt und fett geschrieben: große Effektgröße ($d > 0,8$)

Weiß hinterlegt und fett geschrieben: mittlere Effektgröße ($d > 0,5$)

Nicht fett geschrieben: kleine Effektgröße ($d < 0,5$)

2. Verhaltensbeobachtung

2.1. Auswertung der Verhaltensvideos

Bei den unspezifischen Verhaltensweisen Zeit am Gesäuge, Liegen und Spielen ist die Dauer in Sekunden angegeben. Schmerz- und Sozialverhalten wurde in Häufigkeit des Auftretens der Verhaltensweisen (Schwanzwackeln, Schmerzhaltung, Positionswechsel, Isolation und Desynchronisation) aufgearbeitet. Für die Verhaltensparameter wurde der Mittelwert mit Standardabweichung und Standardfehler berechnet. In Tabelle 18 wurde auf die Darstellung der einzelnen Standardfehler übersichtshalber verzichtet, da diese maximal 0,3 betrugen. Der Überblick über die einzelnen p-Werte sind dem Anhang (Tabellen 19-26) zu entnehmen.

Tabelle 16. Dauer der unspezifischen Verhaltensweisen (Zeit am Gesäuge, Liegen, Spielen) in Sekunden in den ersten 10 min nach dem Eingriff (1), der Zeit 15 - 25 min nach dem Eingriff (2), den ersten 10 min von Stunde 3 (3), den ersten 10 min von Stunde 5 (4) sowie Zeitpunkte 1+2 zusammengefasst (Mittelwert \pm SD (SEM)) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21)

Verhalten	Gruppe	Zeitpunkte				
		1	2	3	4	1 + 2
Zeit am Gesäuge	H	124,8 \pm 176,1 (38,4)	201,4 \pm 179,0 (39,1)	225,7 \pm 207,8 (45,4)	173,5 \pm 167,8 (36,6)	326,2 \pm 289,6 (63,2)
	K	65,4 \pm 112,9 (24,6)	122,3 \pm 173,9 (38,1)	169,0 \pm 198,0 (43,2)	165,8 \pm 177,2 (38,7)	187,7 \pm 240,4 (52,5)
	KM	91,3 \pm 145,8 (31,8)	197,5 \pm 178,6 (39,0)	194,1 \pm 193,3 (42,2)	159,1 \pm 171,0 (37,3)	291,0 \pm 252,5 (55,3)
Liegen	H	192,3 \pm 167,8 (36,6)	305,3 \pm 200,6 (43,8)	311,8 \pm 219,9 (48,0)	336,5 \pm 192,2 (42,0)	497,7 \pm 279,8 (61,1)
	K	230,6 \pm 123,9 (27,0)	368,0 \pm 232,2 (50,7)	350,7 \pm 198,2 (43,2)	352,1 \pm 179,0 (39,1)	598,5 \pm 275,5 (60,1)
	KM	178,6 \pm 158,4 (34,6)	329,1 \pm 190,8 (41,6)	307,4 \pm 213,4 (46,6)	358,2 \pm 192,9 (42,1)	507,0 \pm 248,5 (54,2)
Spielen	H	8,7 \pm 27,5 (6,0)	3,8 \pm 15,1 (3,3)	0,0 \pm 0,0 (0,0)	1,5 \pm 5,2 (1,1)	12,4 \pm 30,3 (6,6)
	K	0,0 \pm 0,0 (0,0)	0,0 \pm 0,0 (0,0)	0,0 \pm 0,0 (0,0)	0,0 \pm 0,0 (0,0)	0,0 \pm 0,0 (0,0)
	KM	0,9 \pm 4,2 (0,9)	0,0 \pm 0,0 (0,0)	3,2 \pm 14,6 (3,2)	0,0 \pm 0,0 (0,0)	0,9 \pm 4,2 (0,9)

Bei den unspezifischen Verhaltensweisen (Abb. 9-11) ergab der Kruskal-Wallis-Test für den Parameter „Zeit am Gesäuge“ zu keinem Auswertzeitraum signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Im Zeitraum 1+2 verbrachten Tiere der Gruppe H tendenziell ($p = 0,049$) mehr Zeit am Gesäuge als

Tiere der Gruppe K, dies war aber nach Bonferroni-Holm-Adjustierung nicht signifikant. Der Anova-Test für den Parameter „Liegen“ ergab ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Die Verhaltensweise „Spielen“ trat bei Tieren der Handlingsgruppe H im Zeitraum 1 im Mittel signifikant öfter als bei ohne Analgesie kastrierten Ferkel der Gruppe K ($p = 0,01$) auf. Im Zeitraum 1+2 spielten sowohl Ferkel der KM-Gruppe ($p = 0,015$) als auch Ferkel der K-Gruppe ($p = 0,004$) signifikant weniger als die Handlingstiere.

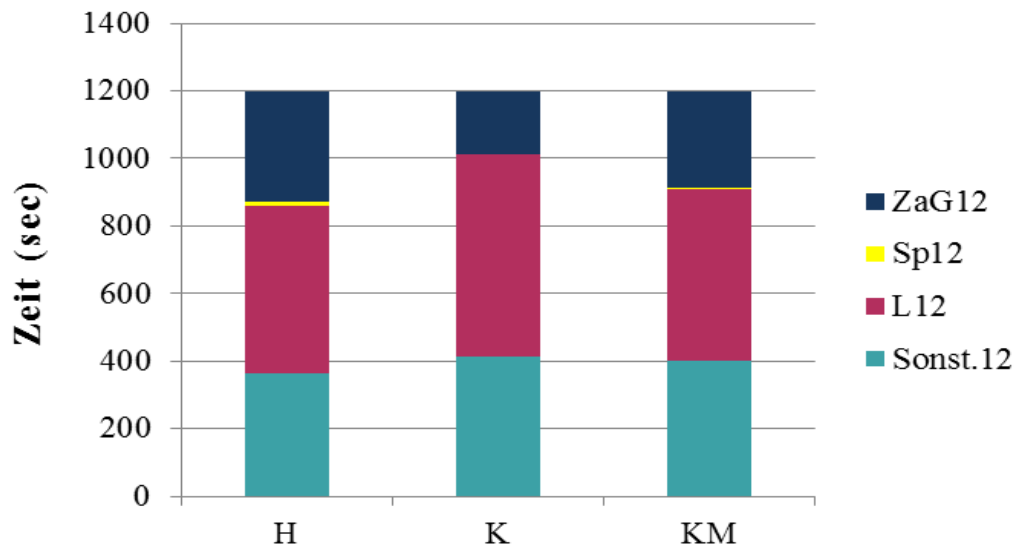


Abbildung 9. Verhaltensanteile Zeit am Gesäuge (ZaG12), Liegen (L12), Spielen (Sp12) und Sonstiges Verhalten (Sonst.12) der Zeiträume 1+2 der Versuchsgruppen H, K, KM

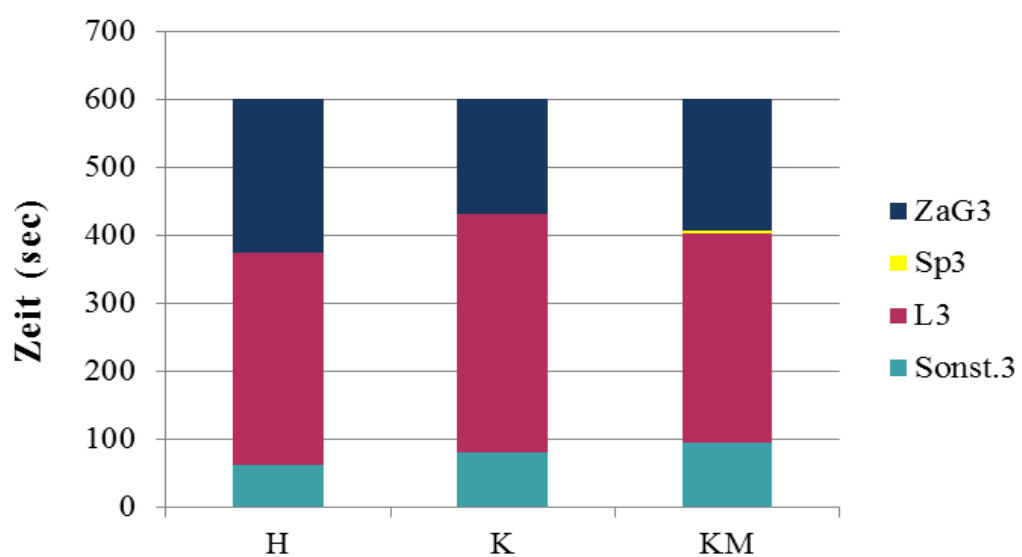


Abbildung 10. Verhaltensanteile Zeit am Gesäuge (ZaG3), Liegen (L3), Spielen (Sp3) und Sonstiges Verhalten (Sonst.3) des Zeitraums 3 der Versuchsgruppen H, K, KM

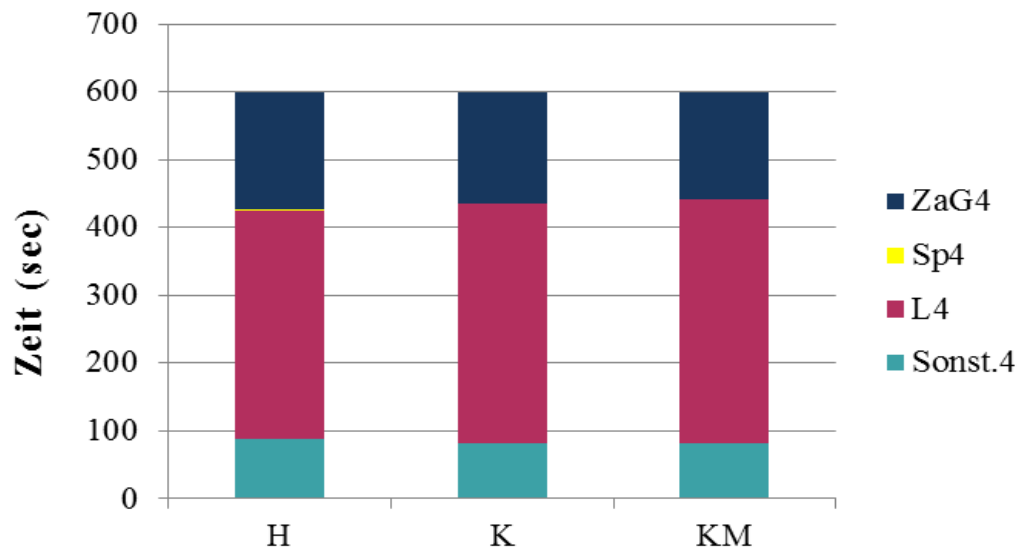


Abbildung 11. Verhaltensanteile Zeit am Gesäuge (ZaG4), Liegen (L4), Spielen (Sp4) und Sonstiges Verhalten (Sonst.4) des Zeitraums 4 der Versuchsgruppen H, K, KM

Bei den schmerzspezifischen Verhaltensweisen (Tabelle 17, Abb. 12) konnten beim Parameter „Positionswechsel“ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Die Verhaltensweise „Schwanzwackeln“ zeigten Ferkel der Handlingsgruppe (H) im Zeitraum 2 ($p = 0,012$) und 1+2 ($p = 0,013$) im Schnitt signifikant häufiger als ohne Analgesie kastrierte Ferkel (K). Zu keinem anderen Zeitraum konnten beim Schwanzwackeln (nach Bonferroni-Holm adjustierte) signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt werden. Den Parameter „Schmerzhaltung“ zeigten in den Zeiträumen 1 und 1+2 sowohl Ferkel der Gruppe K (jeweils $p < 0,001$) als auch KM (jeweils $p < 0,001$) signifikant häufiger als Ferkel der Gruppe H. Im Zeitraum 3 (Abb. 13) zeigten Ferkel der Gruppe KM signifikant mehr Schmerzhaltungen als Ferkel der Gruppe K ($p = 0,016$) und als Ferkel der Gruppe H ($p = 0,015$).

Tabelle 17. Häufigkeit schmerzspezifischer Verhaltensweisen (Schwanzwackeln, Schmerzhaltung, Positionswechsel) in den ersten 10 min nach dem Eingriff (1), der Zeit 15 - 25 min nach dem Eingriff (2), den ersten 10 min von Stunde 3 (3), den ersten 10 min von Stunde 5 (4) sowie Zeitpunkte 1+2 zusammengefasst (Mittelwert \pm SD (SEM)) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21)

Verhalten	Gruppe	Zeitpunkte				
		1	2	3	4	1 + 2
Schwanzwackeln	H	5,4 \pm 6,4 (1,4)	4,2 \pm 5,1 (1,1)	2,3 \pm 3,3 (0,7)	3,1 \pm 3,5 (0,8)	9,6 \pm 9,0 (2,0)
	K	2,6 \pm 3,0 (0,7)	1,7 \pm 2,4 (0,5)	2,8 \pm 3,5 (0,8)	6,5 \pm 6,2 (1,4)	4,2 \pm 4,4 (1,0)
	KM	3,5 \pm 4,3 (0,9)	1,7 \pm 2,4 (0,5)	5,8 \pm 9,7 (2,1)	7,4 \pm 9,8 (2,2)	5,2 \pm 7,1 (1,4)
Schmerzhaltung	H	0,8 \pm 1,1 (0,2)	0,7 \pm 1,1 (0,2)	0,3 \pm 0,6 (0,1)	0,2 \pm 0,5 (0,1)	1,5 \pm 1,4 (0,3)
	K	3,3 \pm 1,5 (0,3)	1,0 \pm 1,5 (0,3)	0,6 \pm 1,6 (0,4)	0,6 \pm 0,9 (0,2)	4,3 \pm 2,0 (0,4)
	KM	3,4 \pm 2,2 (0,5)	0,7 \pm 1,2 (0,3)	2,1 \pm 4,0 (0,9)	1,1 \pm 2,4 (0,5)	4,1 \pm 3,2 (0,7)
Positionswechsel	H	1,1 \pm 1,6 (0,4)	1,4 \pm 2,2 (0,5)	1,1 \pm 1,1 (0,2)	1,3 \pm 1,4 (0,3)	2,6 \pm 2,5 (0,6)
	K	0,8 \pm 0,9 (0,2)	0,9 \pm 1,2 (0,3)	1,1 \pm 1,7 (0,4)	0,9 \pm 1,3 (0,3)	1,6 \pm 1,8 (0,4)
	KM	0,7 \pm 0,7 (0,2)	0,8 \pm 0,7 (0,2)	1,8 \pm 3,3 (0,7)	1,4 \pm 2,6 (0,6)	1,5 \pm 1,0 (0,2)

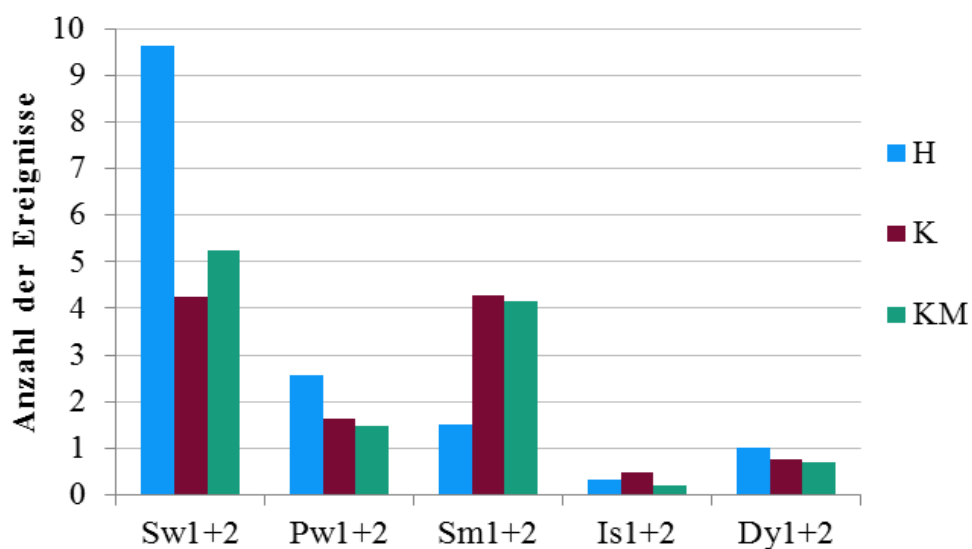


Abbildung 12. Häufigkeit der Schmerz- und Sozialverhaltensweisen Schwanzwackeln (Sw), Positionswechsel (Pw), Schmerzhaltung (Sm), Isolation (Is) und Desynchronisation (Dy) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21) im Zeitraum 1+2

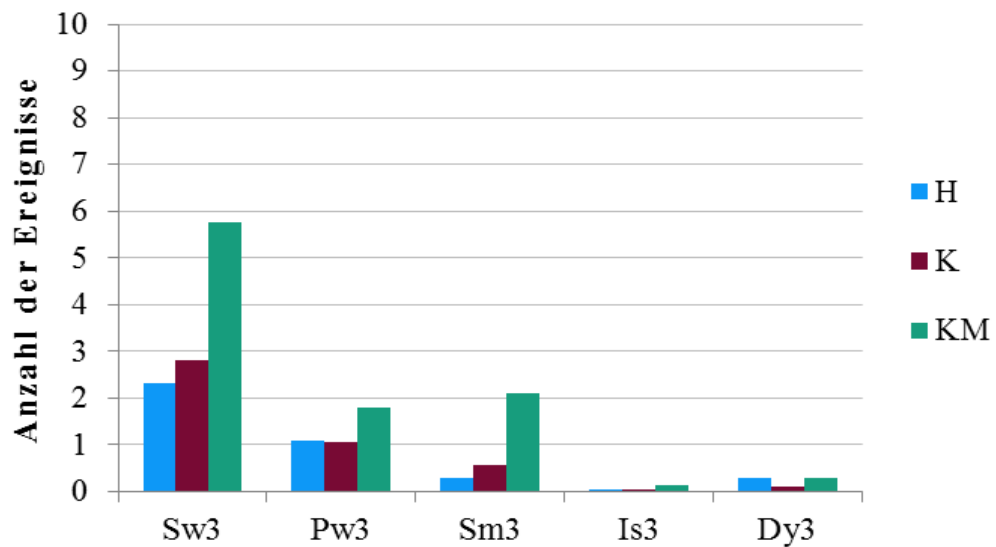


Abbildung 13. Häufigkeit der Schmerz- und Sozialverhaltensweisen Schwanzwackeln (Sw), Positionswechsel (Pw), Schmerzhaltung (Sm), Isolation (Is), Desynchronisation (Dy) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21) im Zeitraum 3

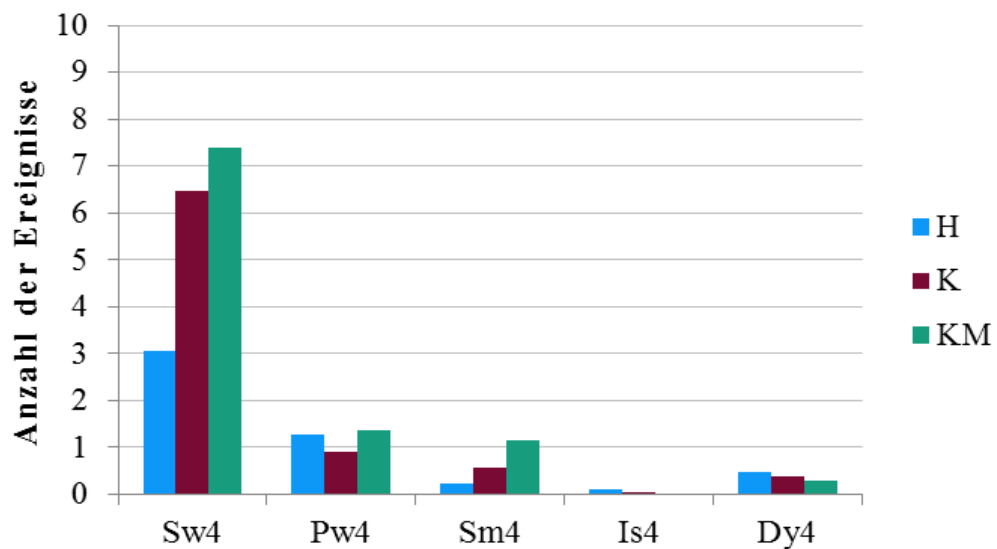


Abbildung 14. Häufigkeit der Schmerz- und Sozialverhaltensweisen Schwanzwackeln (Sw), Positionswechsel (Pw), Schmerzhaltung (Sm), Isolation (Is), Desynchronisation (Dy) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21) im Zeitraum 4

Beim Sozialverhalten (Isolation, Desynchronisation) ließen sich in keinem Auswertungszeitraum statistisch signifikante Unterschiede (Tabelle 18) erkennen.

Tabelle 18. Häufigkeit von Sozialverhaltensweisen in den ersten 10 min nach dem Eingriff (1), der Zeit 15 - 25 min nach dem Eingriff (2), den ersten 10 min von Stunde 3 (3), den ersten 10 min von Stunde 5 (4) sowie Zeitpunkte 1+2 zusammengefasst (Mittelwert \pm SD) der Versuchsgruppen H, K, KM (je $n = 21$; SEM $< 0,3$)

Verhalten	Gruppe	Zeitpunkte				
		1	2	3	4	1 + 2
Isolation	H	0,3 \pm 0,6	0,1 \pm 0,2	0,1 \pm 0,2	0,1 \pm 0,3	0,3 \pm 0,7
	K	0,2 \pm 0,5	0,2 \pm 0,4	0,1 \pm 0,2	0,1 \pm 0,2	0,5 \pm 0,8
	KM	0,1 \pm 0,3	0,1 \pm 0,3	0,1 \pm 0,4	0,0 \pm 0,0	0,2 \pm 0,4
Desynchronisation	H	0,6 \pm 1,2	0,4 \pm 0,6	0,3 \pm 0,6	0,5 \pm 0,8	1,0 \pm 1,2
	K	0,4 \pm 0,8	0,3 \pm 0,6	0,1 \pm 0,3	0,4 \pm 0,5	0,8 \pm 0,9
	KM	0,3 \pm 0,5	0,4 \pm 0,6	0,3 \pm 0,8	0,3 \pm 0,5	0,7 \pm 0,8

2.2. Intra- und Inter-Observer Reliabilität

Für die unspezifischen Verhaltensweisen (Zeit am Gesäuge, Liegen, Spielen) wurde ein Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Dieser ergab bei „Zeit am Gesäuge“ bei der Inter-Observer Reliabilität einen Wert von $r = 0,888$ ($p = 0,001$), die Steigung der Regressionsgeraden ergab $b = 0,61$. Bei der Intra-Observer Reliabilität konnte ein $r = 0,863$ ($p = 0,003$) mit einer Steigung der Regressionsgeraden von $b = 0,84$ festgestellt werden. Beim Parameter „Liegen“ betrug der Korrelationskoeffizient der Inter-Observer Reliabilität $r = 0,993$ ($p < 0,001$), die Steigung der Regressionsgeraden $b = 1,11$. Bei der Intra-Observer Reliabilität wurde ein $r = 0,998$ ($p < 0,001$) mit der Steigung der Regressionsgeraden von $b = 1,07$ konstatiert. Der Parameter „Spielen“ war weder bei der Inter- noch bei der Intra-Observer Reliabilität auswertbar, da mit einer Ausnahme alle Messwerte 0 sec betrugen.

Für die Schmerz- und Sozialverhaltensweisen wurde der Intraklassenkoeffizient (ICC) berechnet, dieser ergab bei der Inter-Observer Reliabilität beim Parameter „Schwanzwackeln“ einen Wert von 0,827, bei der Intra-Observer Reliabilität einen Wert von 0,810. Beim Parameter „Schmerzhaltung“ betrug der ICC der Inter-Observer Reliabilität -0,308, der der Intra-Observer Reliabilität 0,355. Beim

„Positionswechsel“ war bei der Inter-Observer Reliabilität ein ICC von 0,539 feststellbar, bei der Intra-Observer Reliabilität 0,588. Beim Parameter „Isolation“ betrug der ICC von sowohl Inter- als auch Intra-Observer Reliabilität 0. Bei der Verhaltensweise „Desynchronisation“ ergab der ICC bei der Inter-Observer

V. DISKUSSION

1. Cortisol

Indirekte physiologische Parameter und Verhaltensparameter sind bei der Beurteilung der Stress- und Schmerzantwort von Ferkeln auf zootechnische Eingriffe unabdingbar. Viele Studien bekräftigen die Aussagekraft von Cortisol als Parameter, um Stress und Schmerz bei Schweinen zu beurteilen (MELLOR und STAFFORD, 2004; KEITA et al., 2010; PRUNIER et al., 2012; SUTHERLAND et al., 2012). LANGHOFF (2008) konnte in ihrer Untersuchung die Korrelation des Cortisolspiegels mit schmerzbedingten Verhaltensveränderungen feststellen. Durch den zeitverzögerten Anstieg von Cortisol (PRUNIER et al., 2005) wird die Erfassung der maximalen Konzentration erleichtert. Allerdings werten einige Autoren (MOLONY und KENT, 1997; KLUIVERS, 2010) den „ceiling effect“ von Cortisol als Nachteil, demzufolge man den wahren Maximalwert der Schmerzreaktion nicht erfassen kann, da Cortisol nicht weiter ansteigt, wenn seine Maximalkonzentration erreicht ist. Dies ist für die vorliegende Untersuchung nur insofern von Bedeutung, dass der wahre Schmerz der Kastrationsgruppe K eventuell unterschätzt wurde. Ansonsten kann der „ceiling effect“ in dieser Studie vernachlässigt werden, da jeder Eingriff für sich alleine durchgeführt wurde. Die circadiane Rhythmik erfordert in der vorliegenden Untersuchung gleichermaßen keine Berücksichtigung, da diese bei männlichen Saugferkeln erst ab dem zehnten Lebenstag ausgebildet ist (GALLAGHER et al., 2002) und die Versuchsferkel zum Zeitpunkt des Eingriffes erst drei bis vier Tage alt waren. Es wurden nur männliche Ferkel eingeschlossen, da nach TORREY et al. (2009) keine Interaktion zwischen Geschlecht und Schwanzkupieren oder Ohrkerben besteht und die Kastration nur mit männlichen Tieren erfolgen kann.

Um die Möglichkeit auszuschließen, dass eine reine Stressreaktion die Erhöhung der Cortisolkonzentration bedingt, wurden Vergleichsgruppen unter Analgesie herangezogen, um so auf den schmerzbedingten Anteil der Reaktion schließen zu können. Zusätzlich wurde eine Handlingsgruppe als Kontrolle eingeschlossen, wodurch ein Rückschluss auf die Veränderungen der Cortisolkonzentration getroffen werden kann, die auf den Handlingsstress durch Hochnehmen, Fixation

und Punktion bei der Blutentnahme zurückzuführen sind. Um den individuellen Basalwert für jedes Ferkel zu ermitteln, wurde bereits vor der Durchführung der Eingriffe eine Blutprobe genommen. Nach MELLOR und STAFFORD (2004) ist die Auswertung eines bestimmten Parameters nicht dienlich, wenn nur Dauer oder Maximalkonzentration beurteilt werden. Daher wurde in dieser Studie die Zeit-Konzentrations-Kurve (AUC) miteinbezogen. Die Relevanz, sowohl Dauer als auch Intensität der Belastung zu berücksichtigen, zeigt sich in der vorliegenden Untersuchung besonders beim Vergleich der Kastration mit und ohne Analgesie; hier zeigt der AUC einen hoch signifikanten Unterschied, während sich der Vergleich der einzelnen Beprobungszeitpunkte nur nach 4 h signifikant unterschied.

Die Ausarbeitung der Effektgröße ermöglicht eine schnelle Einschätzung des jeweiligen Belastungsgrades. So kann ein mittlerer oder großer Effekt vorhanden sein, selbst wenn eine Signifikanz nach dem jeweils starr vorgegebenen Signifikanzniveau um eine zweite oder dritte Dezimalstelle nicht mehr gegeben ist. Auf der anderen Seite kann ein Effekt „nur“ mittel sein, wenn eine hohe Signifikanz erzielt wurde, wie z.B. beim Vergleich der ohne Schmerzmittel schwanzkupierte Ferkel (Gruppe S) mit der Handlingsgruppe 30 min nach dem Eingriff, oder der trotz gegebener Signifikanz nur kleine Effekt der Analgesie zwischen Schwanzkupieren mit und ohne Schmerzmittel.

2. Ohrmarken einziehen

In den meisten europäischen Ländern wird das Ohrmarken einziehen als Routinemaßnahme durchgeführt. Nach der deutschen VIEHVERKV (2011) müssen Ferkel spätestens mit dem Absetzen eine Ohrmarke erhalten. In der Regel findet dies aber schon in den ersten Lebenstagen statt. Einige Betriebe ziehen zusätzlich kleinere individuelle Ferkelohrmarken ein. Der Tierschutzaspekt von Ohrmarken einziehen wird in der Literatur kaum behandelt, allerdings stellten sowohl MARCHANT-FORDE et al. (2009) als auch LESLIE et al. (2010) fest, dass Ohrmarken einziehen eine akute Schmerzantwort nach sich zieht. MERLOT et al. (2011) hingegen bezeichnet das Ohrmarken einziehen bei Jungsauen nur als geringen Stressor. In der eigenen Studie ergab der AUC (Zeit-Konzentrations-Kurve) der Cortisolkonzentration nach Ohrmarken einziehen einen signifikant

höheren Wert als nach Schwanzkupieren, war aber signifikant niedriger als nach der Kastration. Es ist der Autorin keine andere Studie bekannt, die die physiologische Auswirkung der Stress- und Schmerzbelastungen durch Ohrmarken einziehen und Kastration miteinander vergleicht: MARCHANT-FORDE et al. (2009) untersuchten beide Eingriffe ohne sie direkt zu vergleichen. Der Vergleich zwischen Schwanzkupieren und Identifikationsmethoden hingegen ist Thema einiger Studien. In der Untersuchung von TORREY et al. (2009) wurde die Einzelbelastung beider Eingriffe nicht gemessen, sie konnten aber aus ihren Ergebnissen folgern, dass die Kombination aus Schwanzkupieren und Ohrkerben schmerzhaft ist. Die Einzelbelastung wurde wiederum in der Studie von NOONAN et al. (1994) beurteilt, allerdings nur hinsichtlich der Auswirkungen auf das Verhalten. Sie schlossen aus ihren Resultaten, dass beide Eingriffe belastend sind, konnten die Belastung jedoch nicht quantifizieren. Wenngleich Ohrkerben nicht mit Ohrmarken einziehen gleichgesetzt werden kann, gibt es keine einheitlichen Angaben über die Belastung dieser Identifikationsmethoden in der Literatur: in der Untersuchung von MARCHANT-FORDE et al. (2009) führte das Ohrkerben (längere Dauer, schlechtere Wundscores, stärkere Vokalisation, höhere Blutcortisolkonzentration) zu einer höheren Belastung, während LESLIE et al. (2010) je nach gemessenem Parameter zu unterschiedlichen Ergebnissen kam. In der Studie von PRUNIER et al. (2005) waren die Laktatkonzentrationen im Blut kastrierter Ferkel im Vergleich zur Kontrollgruppe erhöht, während dies bei schwanzkupierte Ferkeln nicht der Fall war. LESLIE et al. (2010) diskutierten die Ergebnisse von PRUNIER et al. (2005) und argumentierten, dass die Laktatproduktion von der Stress- und Schmerzintensität abhängt. Obwohl in ihrer Studie die Eingriffe Schwanzkupieren und Kastration nicht untersucht wurden, folgerten sie, dass Ohrkerben eine größere Belastung als Schwanzkupieren darstellt, da die Laktatwerte in ihrer Untersuchung nach Ohrkerben anstiegen. Eine vergleichbare Schlussfolgerung konnte in der vorliegenden Studie für das Ohrmarken einziehen mit Messung der Blutcortisolkonzentration getroffen werden, so dass von einer größeren Belastung durch Ohrmarken einziehen als durch Schwanzkupieren ausgegangen werden kann.

Es besteht die Möglichkeit, dass eine Ohrmarke eine Irritation bei den Ferkeln erzeugt, da sie einen ungewohnten Fremdkörper darstellt, und dadurch eine erhöhte Stressantwort auslöst. Sollte diese These haltbar sein, müssten Ferkel der OMM-

Gruppe, die denselben visuellen und taktilen Stimulus erfahren, ähnliche Unterschiede zu den Handlingstieren aufweisen. Da dies nicht gegeben war, kann davon ausgegangen werden, dass Ferkeln, denen ohne Analgesie Ohrmarken eingezogen wird, tatsächlich Schmerz und nicht nur Stress durch Irritation erfahren.

Bei Planung der Studie wurde nicht erwartet, dass Ohrmarken einziehen eine deutlich größere Belastung darstellt als Schwanzkupieren, und dass dieser sehr effektiv mit Analgesie entgegengewirkt werden kann. Um eine Erklärung zu finden, ist es nötig, die verschiedenen Schmerzreaktionen des Organismus zu beleuchten. Bei der Saugferkelkastration werden nach RAULT et al. (2011) unterschiedliche Schmerzarten erzeugt: die Inzision des Skrotums stellt einen scharfen, stechenden und gut lokalisierten Hautschmerz, d.h. oberflächlichen somatischen Schmerz dar (KITCHELL, 1987), während das Durchtrennen des Samenstranges einen dumpfen, diffusen und schlecht lokalisierten viszerale Schmerz auslöst. Ohrmarken einziehen und Schwanzkupieren rufen einen tiefen somatischen Schmerz hervor (SCHMIDT, 1989). Die Qualität viszerale Schmerzes unterscheidet sich nach SCHMIDT (1989) deutlich von der somatischen Schmerzes. Dadurch erklärt es sich, dass die Kastration den größten Effekt auf den Stresshormonhaushalt hat. Der Unterschied zwischen Ohrmarken einziehen und Schwanzkupieren hingegen wird dadurch nicht erklärt. Man muss hierbei berücksichtigen, dass sich Schmerz nicht allein auf die physiologische Ebene auswirkt oder sich auf die periphere Lokalisation beschränkt, sondern dass die Gehirnebene ebenfalls betroffen ist. Es ist bekannt, dass Schwanzkupieren zu einer Umstrukturierung der peripheren Nerven am Schwanzende und zum Teil zur Bildung von Neuomen führt (SIMONSEN et al., 1991). Dies ist beim Schwanzkupieren bei Mastschweinen sogar erwünscht, da kupierte Schweine schneller schwanzbeißenden Artgenossen ausweichen und so die Problematik des Schwanzbeißen vermindert wird (SUTHERLAND und TUCKER, 2011). Eine Reorganisation findet jedoch auch im somatosensorischen Cortex statt. Durch Schmerz ausgelöste neurale Prozesse in der Gehirnstruktur sind am besten beim Menschen untersucht: nozizeptiver Stimulus führt bereits nach wenigen Minuten zu einer somatosensorischen Reorganisation (SÖRÖS et al., 2001). Diese stellt sich in einer Hyperreaktivität in benachbarten somatotopischen Regionen dar, die nicht durch eine Erweiterung der kortikalen Repräsentationen, sondern durch eine

räumliche Verlagerung entsteht (SÖRÖS et al., 2001). Aus diesem Grund ist nicht nur die kortikale Repräsentation des von Schmerz betroffenen Körperteils wichtig, sondern vielmehr seine somatotopische Lokalisation, da dessen benachbarte Region hyperreaktiv werden wird. Bisher gibt es nur wenige Informationen über den „Mammunculus“ (CRANER und RAY, 1991a) bei Schweinen und noch weniger über die somatosensorische Repräsentation der Ohren und des Schwanzes. NIHASHI et al. (2002; 2003) demonstrierten, dass das menschliche Ohr in der Gesichts- und Nackenregion des somatosensorischen Cortex repräsentiert wird und eine Stimulation des Ohrs mit diesen Regionen interagiert. Es kann postuliert werden, dass die Repräsentation des Ohrs beim Schwein ähnlich lokalisiert ist. CRANER und RAY (1991b) analysierten den Cortex des neonatalen Schweins und stellten fest, dass die somatosensorische Nackenregion in derselben Region lokalisiert ist wie Gesicht und Maul. Letztere beide sind der Repräsentation des Rostrums auf dem Gyrus cruciatus benachbart. Diese ist beim Schwein im Vergleich zu anderen Körperteilen unverhältnismäßig dominant vertreten (CRANER und RAY, 1991b). Daher kann davon ausgegangen werden, dass jegliche nozizeptive Stimulation des Rostrums, aber eben auch somatotopisch benachbart vertretener Körperteile zu einer ausgeprägten Schmerzreaktion und damit auch einem erhöhten Cortisolspiegel führt. Es besteht allerdings noch Forschungsbedarf in Hinblick auf die somatosensorischen Vorgänge im Cortex des Schweins. Leider gibt es auch keine Information über die somatotopische Lokalisation des Schwanzes, so dass es nicht bekannt ist, welche somatotopisch benachbarten Regionen hyperreaktiv reagieren würden. Die Repräsentation des Schwanzes könnte nahe der des Hinterbeines lokalisiert sein; dessen Repräsentation wiederum nach CRANER und RAY (1991b) in einer kleinen tiefgelegenen Region zwischen den beiden Hemisphären an der medianen Wand lokalisiert ist. Auch hier besteht weiterer Forschungsbedarf, aber die geringe Repräsentation des Hinterbeines könnte erklären, warum Schwanzkupieren eine kleinere Belastung als Ohrmarken einziehen darstellt.

Bei der Betrachtung der Vorgänge auf Gehirnebene muss die Reifeentwicklung des Gehirns zu den unterschiedlichen Lebensaltersstufen berücksichtigt werden. FANG et al. (2005) wiesen nach, dass die Schmerzreaktion auf Gehirnebene vom Alter des Schweins abhängt. Sie untersuchten Schweine mit einem Alter von zwei, vier und sechs Monaten und zeigten, dass die stärkste Schmerzreaktion im

Gehirn mit einem Alter von vier Monaten stattfindet und ein diffuses Aktivitätsmuster aufweist. Mit einem Alter von zwei und sechs Monaten war die Aktivität geringer ausgeprägt und enger lokalisiert. Ihre Ergebnisse bestätigen, dass in zukünftigen Studien die Belastung von Ohrmarken einziehen bei unterschiedlichen Altersgruppen untersucht werden sollte. Zudem stellten CARROLL et al. (2006) fest, dass Handlingstress mit zunehmenden Alter steigt. Daher wäre es von Interesse, den vorliegenden Versuchsablauf mit absetzbaren Ferkeln zu wiederholen, um den Stress des Ohrmarken Einziehens mit einem älteren Lebensalter zu ermitteln.

Ein anderer Ansatzpunkt für die Erklärung der unterschiedlichen Reaktionen nach Ohrmarken einziehen und Schwanzkupieren basiert auf verhaltensanalytischen Ergebnissen: sowohl nach der Kastration als auch nach dem Schwanzkupieren können die Ferkel aktiv auf den Schmerz eingehen, z.B. durch Kratzen des Hinterteils oder Einklemmen des Schwanzes. Durch diese Verhalten werden nicht-nozizeptive sensorische Rezeptoren der Haut erregt, die somit gleichzeitig zu den (durch die Schmerzerfahrung) erregten Nozizeptoren aktiviert sind und deren Signalweiterleitung dadurch blockieren (MELZACK und WALL, 1965). Die Aktivierung nicht-nozizeptiver sensorischer Rezeptoren könnte für das Ferkel am Ohr schwieriger zu bewerkstelligen sein. Dieser Gesichtspunkt sollte in zukünftigen Studien näher erforscht werden.

Die Notwendigkeit der Identifikation von Schweinen ist unumstritten, dennoch sollte nach Alternativen geforscht werden, wenn sich eine Eingriffsmethode als zu belastend herausstellt. In der Studie von MARCHANT-FORDE et al. (2009) übte Ohr kerben einen negativeren Einfluss auf das Wohlbefinden der Ferkel aus als Ohrmarken einziehen; dieses Ergebnis wurde von LESLIE et al. (2010) bestätigt, die zusätzlich die Identifikation mit einem intraperitonealen Transponder untersuchten. Dieser bewirkte weniger schmerzspezifischen Verhaltensweisen, bringt aber laut LESLIE et al. (2010) den Nachteil des erhöhten Kostenfaktors mit sich. Zudem ist in Deutschland nach der VIEHVERKV (2011) die Identifikation mittels Ohrmarken vorgeschrieben. Demgemäß könnte die Verwendung von Schmerzmitteln diskutiert werden. Andererseits ist zu bedenken, dass Meloxicam mindestens 20 min vor Durchführung des Eingriffs appliziert werden muss, um durch das Prinzip der präemptiven Analgesie voll effektiv zu sein. Dies bedeutet zusätzliche Arbeit für den Landwirt und zusätzliches Handling für die Ferkel.

3. Kastration

In vielen Ländern wird die Saugferkelkastration ohne Anästhesie auf den Prüfstand gestellt, eine praktikable Alternative ist bisher aber noch nicht umsetzbar. Ab 2019 ist in Deutschland beim Schwein die Anästhesie bei der Saugferkelkastration vorgeschrieben. Eine Analgesie hingegen ist bereits seit 2009 für QS-Betriebe verpflichtend. Mehr als 90% der Betriebe praktizieren derzeit die betäubungslose Saugferkelkastration (FREDRIKSEN et al., 2009). In der Literatur sowie wie in der vorliegenden Studie fällt die Schmerzreaktion unter den untersuchten Eingriffen bei der Kastration am ausgeprägtesten aus. In der Untersuchung von PRUNIER et al. (2005) stiegen die Konzentrationen von Plasmacortisol, ACTH, Glucose und Laktat nach Schwanzkupieren oder Zähne schleifen nicht so stark an wie nach der Kastration. Es sollte allerdings nicht nur die Intensität der Schmerzreaktion verglichen werden, sondern auch berücksichtigt werden, über welche Zeitdauer die Auswirkungen nach dem Eingriff messbar sind. So konnte in der eigenen Studie beim Vergleich der Cortisolkonzentrationen 30 min und 60 min nach dem Eingriff kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen K und KM festgestellt werden, im AUC hingegen war dies deutlich darstellbar. Die Effektivität der Analgesie bei Kastration wird auch in der Literatur belegt (LANGHOFF et al., 2009; KEITA et al., 2010; ÜBEL, 2011). Die große Streuung der Werte in den Kastrationsgruppen erklärt, warum bis auf den 4 h - Wert keine signifikanten Unterschiede zwischen der K- und KM-Gruppe erreicht wurden.

Je nach Betrieb erfolgen die zootechnischen Maßnahmen zusammen oder mit einigen Tagen Abstand zueinander. Zu bedenken ist, dass Schmerzerfahrungen zu einer sekundären Hyperalgesie führen können und dadurch weitere Eingriffe eine stärkere Schmerzreaktion bewirken als bei einem Tier, das zuvor noch kein Leid erfahren hat (LAVAND'HOMME, 2006). Sollte daher am ersten Lebenstag die Eisensupplementierung, Zähne schleifen, Ohrmarken einziehen und Schwanzkupieren erfolgen und einige Tage später die Kastration, kann diese schmerzhafter für das Ferkel sein als wenn alle Eingriffe in einem Arbeitsschritt erfolgen. Zudem würde eine vorherige Schmerzmittelapplikation für alle Eingriffe wirken. Allerdings ist nach ÜBEL (2011) die Stress- und Schmerzreaktion von Ferkeln, bei denen die Eingriffe Kastration, Ohrmarken einziehen und Schwanzkupieren unter Analgesie in einem Arbeitsschritt durchgeführt werden,

signifikant größer als bei Ferkeln, die nur kastriert werden. Trotzdem empfiehlt auch sie, alle Eingriffe am dritten Lebenstag unter Analgesie zu kombinieren. In ihrer Studie wurde jedoch der „ceiling effect“ des Cortisol nicht mitberücksichtigt, so dass in zukünftigen Studien die Kombination aller drei Eingriffe durch Messung zusätzlicher Parameter geprüft werden sollte.

4. Schwanzkupieren

Nach einer Studie der EFSA (2007) wird Schwanzkupieren in über 90% der schweinehaltenden Betriebe in den meisten EU-Ländern routinemäßig durchgeführt. In Deutschland ist dies nach dem TIERSCHG (2013) ohne Anästhesie bis einschließlich des dritten Lebenstages erlaubt. Diese Praktik steht derzeit unter Kritik (VON BORELL, 2013). Solange der Prozess des Schwanzbeißens allerdings nicht besser verstanden wird, kann auf das Kupieren der Schwänze nicht vollständig verzichtet werden. Um die am wenigsten belastende Methode zu ermitteln, wurden die verschiedenen Schwanzkupiermethoden bereits miteinander verglichen (SUTHERLAND und TUCKER, 2011). MARCHANT-FORDE et al. (2009) konnten zwischen den Versuchsgruppen keine Unterschiede in der Cortisolkonzentration feststellen, die Verwendung des Elektrokauters dauerte jedoch länger als die des Seitenschneiders und führte zu einer stärkeren Vokalisation sowie einer schlechteren Wachstumsrate. In der Studie von SUTHERLAND et al. (2008) stieg die Cortisolkonzentration in der Seitenschneidergruppe bis 60 min nach dem Eingriff an, während bei der Elektrokautergruppe die Maximalkonzentration nach 30 min erreicht wurde. Da die Verhaltensanalyse keine Unterschiede zwischen den Gruppen ergab, kann diskutiert werden, dass der Grund für die geringere Cortisolantwort in der Obliteration der Gefäße durch die Kauterisation liegt, wodurch die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse womöglich nicht in demselben Ausmaß aktiviert wird wie bei einer offenen Wunde. Darüber hinaus scheint die Wundheilung bei der Seitenschneidermethode schneller stattzufinden (GRAHM et al., 1997; KILCHLING, 2010). Die in vielen Studien festgestellte Schmerzerzeugung durch das Schwanzkupieren (NOONAN et al., 1994; SUTHERLAND et al., 2011; ZHOU et al., 2013) konnte in der eigenen Untersuchung bestätigt werden. Laut SIMONSEN et al. (1991) sind auch beim

neugeborenen Ferkel die peripheren Nerven im Schwanz schon voll entwickelt. Allerdings glichen sich in der vorliegenden Untersuchung die mittleren Cortisolkonzentrationen der schwanzkupierte Ferkel bereits nach 60 min wieder den Werten der Handlingsgruppe an. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass durch Schwanzkupieren eine akute, aber kurze Schmerzreaktion ausgelöst wird. Insgesamt fällt die Belastung geringer aus als bei den Eingriffen Kastration und Ohrmarken einziehen. Unter Analgesie unterschied sich die Cortisolkonzentration schwanzkupierter Ferkel nicht signifikant von der Handlingsgruppe. Wenige Studien beschäftigen sich mit dem Vergleich des Schwanzkupierens mit und ohne Analgesie, die eigenen Ergebnisse werden jedoch von der Studie von KILCHLING (2010) bestätigt.

5. Verhalten

Das Messen physiologischer Parameter wird als gute Methode anerkannt, die Auswirkung von Stressoren auf das Wohlbefinden von Tieren einschätzen zu können. Allerdings impliziert diese Methode nach STOCKMAN et al. (2011) oft invasive Messmethoden, kontrollierte Bedingungen und einen erhöhten Kostenfaktor. Durch die Messung allein kann jedoch das Wohlbefinden des Tieres beeinträchtigt werden. Zudem hängen viele physiologische Parameter von der Tageszeit, der Temperatur oder dem Reproduktionszyklus ab (STOCKMAN et al., 2011). Deshalb betonen zahlreiche Autoren die Bedeutung der Verhaltensanalyse neben der Messung physiologischer Parameter (STOCKMAN et al., 2011; LANDA, 2012). Auch MELLOR und STAFFORD (2004) stellten den Stellenwert von Verhaltensbeobachtung als Stress- und Schmerzparameter klar, setzten aber gleichzeitig Grenzen für seine Verwendbarkeit. So spiegeln bestimmte Verhaltensweisen nicht unbedingt Schmerzempfinden wieder, sondern sind durch Funktionsverlust oder Heilungsbegünstigung bedingt. Es ist demnach unbedingt notwendig, eindeutig schmerzspezifische Verhaltensweisen zu definieren, diese mit anderen Parametern zu kombinieren und Vergleichsgruppen ohne schmerzhaften Eingriff sowie unter Analgesie miteinzubeziehen (MELLOR und STAFFORD, 2004). Damit die Auswertung durch subjektive Beeinflussung nicht verfälscht wird, wurden die Videos in der vorliegenden Studie verblindet analysiert. Auch die Erstellung der Inter-Observer Reliabilität erfolgte verblindet.

5.1. Angewandte Methodik

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Videos mit „focal sampling“ als „sampling rule“ (die Verhaltensweisen eines bestimmten Individuums werden beachtet) und „continuous recording“ als „recording rule“ (jedes Auftreten der definierten Verhaltensweisen wird notiert) ausgewertet, wobei acht Verhaltensweisen analysiert wurden. Diese untergliederten sich in unspezifisches Verhalten (Zeit am Gesäuge, Liegen, Spielen), schmerzspezifisches Verhalten (Schwanz wackeln, Schmerzhaltung, Positionswechsel) und Sozialverhalten (Isolation, Desynchronisation). Unspezifische Verhaltensweisen wurden als Status angesehen, ihre Dauer wurde in Sekunden gemessen, während Schmerz- und Sozialverhalten als Ereignisse angesehen wurden, bei ihnen wurde die Häufigkeit des Auftretens gezählt. Ziel war es, anhand der Auswertung zwischen den drei Eingriffsgruppen Handling, Kastration ohne Schmerzmittel und Kastration mit Schmerzmittel unterscheiden zu können. Damit die Gruppen miteinander verglichen werden konnten, wurde besonderen Wert darauf gelegt, die Ferkel über exakt denselben Zeitraum zu beobachten. Damit dies mit „continuous recording“ erfolgen konnte, war es erforderlich, jedes Video dreimal auszuwerten. Als Resultat wurden Ergebnisse mit annähernd wahrer Dauer und Frequenz erzielt (MARTIN und BATESON, 2007). Zudem eignet sich „continuous recording“ nach ALTMANN (1974) wesentlich besser für die Beurteilung von „Ereignissen“ als „instantaneous sampling“ (nur zu bestimmten Zeitpunkten wird das jeweilige Verhalten notiert), was einen entscheidenden Faktor für die vorliegende Untersuchung darstellt, da das Hauptaugenmerk hier in der Beurteilung des Schmerzverhaltens, also Ereignissen, liegt. Der Nachteil des „continuous recording“ liegt darin, dass eine zu große Bandbreite an zu analysierenden Verhaltensweisen dazu führt, dass die Zuverlässigkeit der Beobachtung sinkt (MARTIN und BATESON, 2007). Die genaue Definition der Verhaltensparameter ist genauso unerlässlich wie die Wahl der geeigneten Parameter, denn nach MARTIN und BATESON (2007) ist es besser, den richtigen Parameter ungenau zu messen als den falschen Parameter mit großer Präzision. Eine empfohlene Anzahl zu wählender Verhaltensweisen wird in der Literatur nicht gegeben. Je größer die Anzahl der zu beobachtenden Verhaltensweisen ist und je exakter ihre Definition, desto leichter findet nach ALTMANN (1974) eine gewisse „Ermüdung“ des Beobachters statt. Daher wurde die Analyse auf acht Verhaltensweisen beschränkt und ein Zeitraum von jeweils

10 min gewählt. Je länger die Dauer des zu beobachtenden Zeitraumes ist, desto besser eignet sich die Methodik für Verhaltensstatus, da die Wahrscheinlichkeit minimiert wird, dass ein Verhalten noch nicht beendet ist, wenn die Sequenz endet (MARTIN und BATESON, 2007). Im Fall der vorliegenden Untersuchung ist dies für die Analyse der unspezifischen Verhaltensweisen (Zeit am Gesäuge, Liegen, Spielen) bedeutsam.

Der Vorteil vom „focal sampling“ liegt darin, dass man sich auf ein einzelnes Individuum konzentrieren und Beobachtungen machen kann, die bei Betrachtung einer Gruppe von Tieren nicht möglich wären (ALTMANN, 1974). Dies ist vor allem für detailreiche Verhaltensweisen wie z.B. in der eigenen Studie das Schwanzwackeln oder der selbst-induzierte Positionswechsel nötig, die mit einer anderen Vorgehensweise leicht übersehen werden könnten.

Vor Beginn der Videoanalyse wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Dauer der unspezifischen Verhaltensweisen durch Schmerzerfahrung reduziert oder erhöht sein kann, während beim Schmerz- und Sozialverhalten davon ausgegangen wurde, dass die Häufigkeit durch Schmerz gesteigert wird. Diese Art der Fragestellung ist für die statistische Aufarbeitung bedeutsam (einseitige oder zweiseitige Signifikanz). In Anbetracht der Ergebnisse wird empfohlen, in Zukunft Schwanzwackeln als zweiseitigen Parameter anzusehen, da diese Verhaltensweise in der vorliegenden Untersuchung von Ferkeln der Handlingsgruppe im Zeitraum 1+2 signifikant häufiger gezeigt wurde als von ohne Analgesie kastrierten Ferkeln.

Nach WEARY et al. (2006) und VIÑUELA-FERNÁNDEZ et al. (2007) ist es wichtig, dass auch die Handlingsgruppe analgetisch behandelt wird, da das Schmerzmittel selbst schon hemmende oder erregende Veränderungen im Verhalten bewirken kann. Diese Empfehlung wurde in der vorliegenden Studie umgesetzt.

5.2. Verhaltensweisen

Viele Autoren geben eine sehr detaillierte Liste an Verhaltensweisen an, die sie in ihren Studien über die Belastung zootechnischer Eingriffe beim Saugferkel auswerten. HAY et al. (2003) werteten tagsüber im „instantaneous sampling“ 30 Verhaltensweisen aus, beschränkten sich nachts aber im „continuous recording“

auf fünf davon (Isolation, Desynchronisation, Spielen, Aggression, Kratzen des Hinterteils). HANSSON et al. (2011) analysierten im „instantaneous sampling“ 23 Verhaltensweisen, die sich bei Einzelauswertung der Parameter nicht signifikant zwischen den Gruppen (Kastration mit oder ohne Analgesie/Lokalanästhesie) unterschieden. Zusammengefasst in Gruppen (Körperposition, unspezifisches Verhalten, schmerzspezifisches Verhalten, Sozialverhalten und Lokalisation) hingegen konnten beim schmerzspezifischen Verhalten signifikante Unterschiede zwischen den Eingriffen Kastration ohne Analgesie und Kastration mit Lokalanästhesie + Analgesie festgestellt werden. Auch VAN BEIRENDONCK et al. (2012) gruppieren die beobachteten Verhaltensweisen, um eine für die statistische Auswertung ausreichende Anzahl an Beobachtungen zu erreichen. In der vorliegenden Studie wurden die gewählten Verhaltensparameter in Anlehnung an HAY et al. (2003) adaptiert, allerdings wurden die einzelnen Verhaltensweisen aufgrund vorausgegangener Literaturrecherche nicht in zu viele Teilbereiche aufgeteilt. So wurden die in HAY et al. (2003) verwendeten Verhalten „Säugen“, „Gesäugemassage“ und „Suchen nach Zitze“ in „Zeit am Gesäuge“ zusammengefasst. Es wurde nicht unterschieden, ob die Ferkel wach oder schlafend liegen. Zudem wurde bei der statistischen Auswertung ersichtlich, dass das Zusammenfassen der Zeiträume 1 und 2 zu einem längeren Zeitraum 1+2 die Auswertbarkeit durch die erhöhte Anzahl auszuwertender Ereignisse verbessert. Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass eine genaue Differenzierung zwischen Teilbereichen nicht immer durchführbar ist, v.a. wenn die Grenzen fließend sind oder der Blickwinkel durch die Kamera vorgegeben ist. So wurde die Anzahl der Verhaltensweisen auf acht beschränkt, wodurch das „continuous recording“ ermöglicht wurde.

Die Ergebnisse in der Literatur sind beim Parameter „Zeit am Gesäuge“ widersprüchlich: CARROLL et al. (2006) konnten zu keinem Zeitraum Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen, ebenso wenig TAYLOR et al. (2001) in den ersten beiden Stunden nach dem Eingriff. Übereinstimmend mit diesen Untersuchungen traten bei der eigenen Studie beim Parameter „Zeit am Gesäuge“ keine signifikanten Unterschiede zwischen unkastrierten, kastrierten und unter Schmerzmittel kastrierten Ferkeln auf. Allerdings zeigten Ferkel der Handlingsgruppe diese Verhaltensweise tendenziell länger als kastrierte Ferkel. Diese Beobachtung teilten HAY et al. (2003), in deren Untersuchung kastrierte

Ferkel in den ersten 2,5h nach dem Eingriff weniger säugten als die Handlingsgruppe; bei Untersuchungen von MCGLONE et al. (1993) traf das für den gesamten Beobachtungszeitraum von 6 h zu. Es kann argumentiert werden, dass die Ferkel durch den erfahrenen Schmerz abgelenkt sind und dadurch nicht zum Säugen kommen. NOONAN et al. (1994) wiederum diskutierten, dass die Zeit am Gesäuge ein Ablenkverhalten sein kann und die Ferkel so versuchen, mit der stressreichen Situation umzugehen. In der Untersuchung von TAYLOR et al. (2001) verbrachten die kastrierten Ferkel von Stunde 3 bis Stunde 24 mehr Zeit am Gesäuge als die Kontrollgruppe. Auch in der Studie von LLAMAS MOYA et al. (2008) tendierten kastrierte Ferkel zu mehr Gesäugemassage als die Handlingsgruppe. VON WALTER et al. (2010) stellten fest, dass die β -Endorphinkonzentration durch das Säugen steigt. Dadurch wird ein beruhigender Effekt bewirkt.

Nach PRUNIER et al. (2012) ist vermehrtes Liegen ein Zeichen verringerter Aktivität, wodurch eine Stimulation schmerzhafter Regionen vermindert werden soll. In der vorliegenden Untersuchung konnten bei dem Parameter in keinem Beobachtungszeitraum statistische Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen festgestellt werden, daher kann in dieser Untersuchung mit diesem Parameter kein Rückschluss auf Schmerz getroffen werden. Dies ist in Übereinstimmung mit der Studie von HAY et al. (2003), die beim Liegenverhalten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen feststellten. In anderen Studien unterscheidet sich das Liegeverhalten kastrierter und unkastrierter Ferkel, allerdings decken sich ihre Ergebnisse nicht: Bei CARROLL et al. (2006) lagen kastrierte Ferkel im Mittel nicht weniger oder mehr als nicht kastrierte, wobei kastrierte Ferkel tendenziell weniger aktiv waren als nicht kastrierte. In der Studie von MCGLONE et al. (1993) lagen kastrierte Ferkel mehr als Unkastrierte, ebenso in der Untersuchung von SUTHERLAND et al. (2012) (Kastrierte mehr als Unkastrierte oder analgetisch Behandelte). TAYLOR et al. (2001) hingegen stellten über 24 h nach dem Eingriff weniger Liegeverhalten bei kastrierten Ferkeln fest als bei der unkastrierten Kontrollgruppe.

Spielverhalten mit sich selbst oder den Geschwistertieren beginnt laut BLACKSHAW et al. (1997) ab einem Alter von drei bis fünf Tagen und erreicht ein Maximum mit 21 - 25 Tagen, während Spielverhalten der Sau gegenüber bereits ab einem Alter von 1 - 2 Tagen beginnt. Ein aktives Spielverhalten ist nach

BUCHENAUER (1981) ein Zeichen für Wohlbefinden. In der Studie von HAY et al. (2003) zeigten kastrierte Ferkel tagsüber eine verringerte Tendenz zum Spielen, wohingegen ihr Spielverhalten nachts im Vergleich zu der Vergleichsgruppe erhöht war. Bei LLAMAS MOYA et al. (2008) tendierten kastrierte Tiere zu verringertem Spielverhalten als die unkastrierte Vergleichsgruppe. Übereinstimmend dazu spielten Ferkel der Handlingsgruppe in der vorliegenden Untersuchung im Zeitraum 1 signifikant häufiger als Tiere der Gruppe K; im Zeitraum 1+2 spielten Tiere der Gruppe H signifikant häufiger als Ferkel der Gruppen KM und K. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass unkastrierten Tiere eindeutig ein höheres Wohlbefinden aufweisen, und der Unterschied zu analgetisch behandelten Tieren weniger ausgeprägt ist als bei ohne Analgesie kastrierten Tieren. Bei der Gruppe K konnte hingegen zu keinem Zeitraum und bei keinem Ferkel Spielverhalten festgestellt werden. Die Ergebnisse sind allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, da die Zeitdauer des Spielens insgesamt sehr gering ausfällt und so auch wenige Ferkel und wenige Sekunden eine große Gewichtung bekommen. Andererseits deutet selbst eine kurze Spieldauer auf ein gewisses Wohlbefinden hin.

Wie auch in HAY et al. (2003) konnten in der eigenen Studie beim unspezifischen Verhalten (Zeit am Gesäuge, Liegen, Spielen) wenig bis keine Unterschiede ersichtlich gemacht werden. Dies könnte nach KLUIVERS-POODT et al. (2007) daran liegen, dass alle Eingriffsgruppen in demselben Wurf vertreten waren und sich die Ferkel gegenseitig in ihrem Verhalten beeinflussen. Sie beziehen diese Aussage weniger auf schmerzspezifisches Verhalten, sondern mehr auf Sozialverhalten.

PRUNIER et al. (2012) interpretieren Schwanzwackeln als ein Zeichen der Unruhe. Nach VON BORELL (2013) wird diese Verhaltensweise auch als maskierendes nozizeptives Signal aus der hinteren Körperregion angesehen. In der Untersuchung von HAY et al. (2003) zeigten kastrierte Ferkel am zweiten Tag nach der Kastration signifikant häufiger Schwanzwackeln als Unkastrierte, während am Tag des Eingriffs eine Signifikanz nicht ganz erreicht wurde. Zu bedenken ist bei ihrer Studie, dass ein paar Tage vor dem Versuch die Schwänze kupiert wurden. NOONAN et al. (1994) stellten fest, dass nach dem Schwanzkupieren signifikant mehr Schwanzwackeln gezeigt wird. Dieser Einfluss kann in der vorliegenden Studie ausgeschlossen werden, da vor der Kastration

kein Schwanzkupieren erfolgte. In der Untersuchung von LANGHOFF et al. (2009) zeigten kastrierte Ferkel signifikant mehr Schwanzwackeln als unkastrierte Ferkeln, ohne dass zuvor die Schwänze kupiert worden waren. In der Studie von KLUIVERS-POODT et al. (2013) hingegen zeigten Ferkel, bei denen die Kastration unter Lokalanästhesie erfolgte, mehr Schwanzwackeln als ohne Analgesie/Anästhesie kastrierte Ferkel. Hierfür ließ sich keine naheliegende Erklärung finden, da auch bei ihnen vor dem Versuch kein Schwanzkupieren durchgeführt wurde. In der vorliegenden Studie war Ähnliches zu beobachten, da Ferkel der Handlingsgruppe im Zeitraum 2 sowie im Zeitraum 1+2 signifikant mehr Schwanzwackeln zeigten als Ferkel der Gruppe K. Um Hinweise für die Intensität des Schmerzes zu erhalten, wurde bei Ferkeln, die sehr lange mit dem Schwanz wackelten, alle 5 sec ein neues Ereignis gewertet. Aufgrund der Ergebnisse ist anzuzweifeln, ob diese Verhaltensweise in der vorliegenden Untersuchung als schmerzspezifisch anzusehen ist, da nach KLUIVERS (2010) und MELLOR und STAFFORD (2004) eine als schmerzspezifisch angenommene Verhaltensweise nicht bei einer Kontrollgruppe auftreten darf.

Unter dem Parameter „Schmerzhaltung“ wurden in der vorliegenden Untersuchung „Verharren“, „huddled up“, „kneeling“, „Kratzen“ und „Zucken mit Hintergliedmaße“ zusammengefasst. Weitere Autoren (HAY et al., 2003; HANSSON et al., 2011) zählen darunter auch „stiffness“, „Zittern“ und „Zucken“; diese Verhaltensweisen wurden in der eigenen Studie nicht miteinbezogen, da sie mit dem vorliegenden Videomaterial nicht ausreichend gut differenziert werden konnten. In der Untersuchung von HAY et al. (2003) wurden am Tag des Eingriffs bei kastrierten Ferkeln ein signifikant erhöhtes Auftreten von „stiffness“, „Verharren“ und „Zittern“ im Vergleich zur Handlingsgruppe festgestellt, während „Kratzen“ am zweiten Tag signifikant vermehrt bei den kastrierten Tieren auftrat. Die Verhaltensweise „huddled up“ ist laut PRUNIER et al. (2012) eine Schonhaltung, die verhindern soll, dass sich Gewebe dehnt und dadurch erhöhten Schmerz erzeugt. Sie konnte in der Studie von LLAMAS MOYA et al. (2008) bei den kastrierten Ferkeln signifikant häufiger als bei der Kontrollgruppe beobachtet werden. In der vorliegenden Untersuchung zeigten Tiere der Gruppen Kastration und Kastration mit Schmerzmittel in der ersten Stunde nach der Kastration signifikant mehr „Schmerzhaltungen“ als unkastrierte Tiere. Hingegen zeigten unter Analgesie kastrierte Ferkel diese Verhaltensweise

3 h nach der Kastration deutlich häufiger als ohne Analgesie kastrierte Ferkel und als Handlingstiere, wofür es keine naheliegende Erklärung gibt. Darum scheint sich der Parameter „Schmerzhaltung“ nur bedingt zur Beurteilung schmerzhafter Zustände zu eignen.

Der Parameter „Positionswechsel“ soll ein Maß für schmerzinduzierte Unruhe sein. LANGHOFF (2008) konnte ein signifikant gehäuftes Auftreten dieser Verhaltensweise bei kastrierten Tieren im Vergleich zur Handlingsgruppe feststellen. In der eigenen Studie konnten in keinem Zeitraum signifikante Unterschiede zwischen den kastrierten und nicht kastrierten Ferkeln ermittelt werden. Ein Nachteil dieses Parameters war jedoch, dass laut Definition nur selbstinduzierte Positionswechsel gezählt wurden und damit nicht berücksichtigt werden konnte, dass sich ein schmerzempfindendes Ferkel eventuell leichter aufreiben lässt als ein schmerzfreies Tier. Daher stellte sich der Parameter in der vorliegenden Untersuchung nicht als geeigneter Schmerzparameter dar.

Da Schweine soziale Tiere sind, kann „Isolationsverhalten“ dadurch bedingt sein, dass durch Kontakt mit Buchtgenossen Schmerz noch intensiviert werden könnte und schmerzleidende Ferkel daher Abstand anstreben (MELLOR et al., 2000). In der Untersuchung von HAY et al. (2003) und LLAMAS MOYA et al. (2008) trat Isolationsverhalten signifikant häufiger bei kastrierten Tieren auf als bei unkastrierten Tieren. Desynchrones Verhalten kastrierter Tiere konnte in der Studie von HAY et al. (2003) bis zum zweiten Tag nach dem Eingriff signifikant vermehrt festgestellt werden. In der vorliegenden Untersuchung konnten weder beim Isolationsverhalten noch beim desynchronen Verhalten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Dies könnte daraus resultieren, dass Isolation und Desynchronisation als „Ereignis“ gewertet wurden und die Dauer dadurch keine Rolle spielte. So wurden Tiere unabhängig von der Dauer, die sie sich in isoliertem oder desynchronem Zustand befanden, gleich bewertet. Daraus resultierte eine geringe Anzahl an Häufigkeiten dieser Parameter, die dazu beigetragen haben könnte, dass sich das Sozialverhalten in dieser Studie als ungeeignet für eine Aussage über das Schmerzverhalten nach der Kastration erwies.

5.3. Intra- und Inter-Observer Reliabilität

Nach PRUNIER et al. (2012) liegt ein Risiko der Verhaltensbeobachtung in der Subjektivität durch Unterschiede in der Wahrnehmung und Interpretation der Beobachter. Die Autoren erachten daher die Prüfung der Validität und Reliabilität als notwendig, um möglichen Fehlern in der Auswertung entgegenzuwirken. Diese können durch die beobachtende Person entstehen, wenn diese nicht ausreichend ausgebildet ist oder eine andere subjektive Wahrnehmung hat. Daher ist eine eindeutige Definition der Parameter, eine gute Auswahl und ein gutes Training der involvierten Personen sowie gegebenenfalls eine Verblindung des Protokolls von Vorteil (PRUNIER et al., 2012). Eine verminderte Reliabilität kann nach PRUNIER et al. (2012) aber auch von der natürlichen Schwankungsbreite der Tiere in ihrem Schmerzverhalten kommen. Dafür wäre nach KNIERIM (2013) eine Test-Retest-Reliabilität hilfreich, bei der der gleiche Test bei denselben Tieren mit einem zeitlichen Abstand durchgeführt wird; dies ist bei der vorliegenden Untersuchung nicht realisierbar, da ein Tier nicht zweimal kastriert werden kann. Die Validität kann nach MEAGHER (2009) am besten überprüft werden, wenn es andere messbare Parameter wie z.B. physiologische oder klinische Daten gibt, die als Vergleichswert dienen können.

Für die Prüfung der Reliabilität eignet sich am besten die Ermittlung der Intra- (dieselbe Person wiederholt die Analyse) und Inter- (eine andere Person wiederholt die Analyse) Observer Reliabilität, wobei erstere für die interne Konsistenz der Datenerfassung steht; sie ist nur mit Videobeobachtung möglich (KNIERIM, 2013). Mit der Inter-Observer Reliabilität kann die korrekte Definition der Parameter überprüft werden (MARTIN und BATESON, 2007). Wenn diese nicht gegeben ist, müssen Definitionen oder ganze Kategorien geändert werden bzw. das Training der beteiligten Personen verbessert werden (KNIERIM, 2013). In der vorliegenden Untersuchung konnte sowohl die Intra- als auch die Inter-Observer Reliabilität bei den Parametern „Zeit am Gesäuge“, „Liegen“ und „Schwanzwackeln“ als sehr gut beurteilt werden, ebenso der Parameter „Desynchronisation“ bei der Intra-Observer Reliabilität. Die fehlende Übereinstimmung bei letzterem Parameter bei der Inter-Observer Reliabilität konnte im Nachhinein dadurch erklärt werden, dass die Definition des Parameters nicht ausreichend eindeutig war; so wertete die „Inter-Observer Person“ auch desynchrones Verhalten in der stehenden Position der Ferkel, während dies bei

der versuchsdurchführenden Person nur im Liegen erfolgte. Die Parameter „Spielen“ und „Isolation“ waren nicht beurteilbar, da sie bei den wiederholt ausgewerteten Videosequenzen mit einer Ausnahme nur Nullwerte ergaben. Aus demselben Grund ist auch die Reliabilität des Parameters „Zeit am Gesäuge“ vorsichtig zu bewerten, da diese Verhaltensweise in den gewählten Videosequenzen nur in wenigen Fällen gezeigt wurde und diese vereinzelt Messwerte daher einen sehr großen Einfluss bekommen. Die Parameter „Schmerzhaltung“ und „Positionswechsel“ ergaben weder in der Intra- noch in der Inter-Observer Reliabilität zufriedenstellende Werte, hier sollte bei ähnlichen Studien in Zukunft sowohl am Training der Personen als auch an der Definition der Parameter gefeilt werden.

Daraus folgt, dass in der eigenen Studie einzelne Parameter eine gute Reproduzierbarkeit aufwiesen, während die Definition oder Auswertungsweise anderer Parameter überdacht werden sollte.

5.4. Ausblick

Schmerz ist nach RUTHERFORD (2002) ein Phänomen, für das noch keine einfache objektive Messmethode identifiziert wurde. Nach MEAGHER (2009) gilt eine wissenschaftliche Methode als objektiv und als frei von Beeinflussung durch persönliche Meinung. Allerdings ist ihrer Auffassung nach die Unterscheidung zwischen subjektiven und objektiven Methoden schwierig, da unabhängig davon, wie objektiv und standardisiert diese auch sein mögen, die Ergebnisse von Wissenschaftlern interpretiert werden (MEAGHER, 2009). Diese Vorgehensweise ist daher nicht so weit vom Prinzip der QBA-Methode (Qualitative Behaviour Assessment) entfernt wie es scheint.

MEAGHER (2009) postuliert, dass Beurteilungen von unerfahrenen Beobachtern zwar zuverlässig sein können, dass ihnen aber trotzdem die externe Validität fehlt, d.h. dass ihre Auswertung nicht jenseits des spezifischen Versuchsprotokolls verallgemeinert werden kann. Eine (interne) Validität ist nach RUTHERFORD et al. (2012) gegeben. KNIERIM (2013) empfiehlt, generell interpretative Beschreibungen zu vermeiden und nennt als Beispiel die Definition „offenbar Schmerzen bei der Fortbewegung“; auch interpretationsreiche Intensitätsangaben wie „gering- bis hochgradig“ sollten nicht angewendet werden.

WEMELSFELDER et al. (2001) hingegen zeigten, dass auch mit „subjektiven“ und relativ unerfahrenen Beobachtern eine sehr hohe Intra- und Inter-Observer Reliabilität erzielt werden konnte. Diese wird zumeist bei Studien der qualitativen Verhaltensanalyse durchgeführt, während sie bei vielen Studien der qualitativen Verhaltensanalyse fehlt. Bei ihnen wird nach MEAGHER (2009) angenommen, dass sie die Reliabilität vorweisen, da sie objektiv wirken. Auch nach JONES und GOSLING (2005) werden Verhaltensbeobachtungen, bei denen die Anzahl von Ereignissen gezählt werden, selten auf Reliabilität geprüft, sondern sie werden deswegen als zuverlässig angenommen, weil sie objektiv erscheinen.

Beim „Qualitative Behaviour Assessment“ wird nicht dokumentiert, was ein Tier macht (z.B. Schwanzwackeln, Kauen), sondern wie das Verhalten durchgeführt wird (z.B. ängstlich, spielerisch) (STOCKMAN et al., 2011), so dass eher auf den emotionalen Zustand eingegangen wird (RUTHERFORD et al., 2012). Eine gewisse Quantifizierung wird erreicht, indem jeder gewählten „Verhaltensbezeichnung“ ein Wert auf einer kontinuierlichen Linie zwischen einem Minimum bis Maximum zugeteilt wird (WEMELSFELDER et al., 2001). STOCKMAN et al. (2011) konnten bei der Ermittlung von Stress bei Kühen signifikante Korrelationen zwischen der qualitativen Verhaltensanalyse und physiologischen Parametern feststellen, während bei ROUGHAN und FLECKNELL (2006) die Messerfolgsrate der Schmerzbeurteilung bei Ratten mit der quantitativen Verhaltensanalyse mit 75% deutlich höher war als bei der qualitativen mit 54%. Daher scheint sich die qualitative Methode eher zur Beurteilung von Stress als von Schmerz zu eignen. Zudem ist zu bedenken, dass das Prinzip der QBA-Methode nicht gleichermaßen auf alle Verhaltensweisen oder Tierarten anzuwenden ist (MEAGHER, 2009). Die Kommunikationswege einer Tierart können nicht immer eindeutig erfasst werden (BURN, 2008) und Schmerz wird je nach Tierart unterschiedlich stark gezeigt. So ist es z.B. bei Amphibien sehr schwer, Schmerzempfinden zu erkennen (MACHIN, 1999). Daher ist es wichtig, insbesondere bei der Beurteilung von Schmerz auf erfahrene Beobachter zurückzugreifen (MEAGHER, 2009). Dies kann von ROUGHAN und FLECKNELL (2006) bestätigt werden, in dessen Studie unerfahrene Beobachter bei der Beurteilung von Schmerz bei Ratten am schlechtesten abschnitten. Daher sollte auch die QBA-Methode mit anderen Messmethoden kombiniert werden (MEAGHER, 2009).

Andererseits könnte sich das „Qualitative Behaviour Assessment“ für die Beurteilung von Schmerzen eignen, da ihr Anspruch darin liegt, nicht einzelne Verhaltensweisen, sondern ihre Gesamtheit und ihren Ursprung zu ermitteln (WEMELSFELDER et al., 2001) und damit einen integrativen Zugang zur Verhaltensanalyse herzustellen (RUTHERFORD et al., 2012). Es wird dadurch ermöglicht, auf dynamische Zustände einzugehen, die nicht in einzelne Bewegungsabläufe eingeteilt werden können (MEAGHER, 2009). Auch wird das Problem minimiert, dass Tiere ihre Schmerzen individuell variabel ausdrücken; in der eigenen Studie zeigten z.B. einzelne Tiere als Schmerzverhalten mehr „Kratzen mit der Hintergliedmaße“, andere mehr „Verharren“ und wiederum andere eine Verhaltensweise außerhalb jeder Definition, die nicht in die Auswertung integriert werden konnte, obwohl sie vom Beobachter subjektiv als schmerzhinweisend empfunden wurde. Auch ist es schwierig, einen Parameter endgültig und eindeutig zu definieren. Bei Durchführung der eigenen Studie fiel z.B. auf, dass der Parameter „huddled up“ als Schmerzparameter zu werten war, wenn das beobachtete Verhalten der Definition entsprach, obwohl z.T. der subjektive Eindruck entstand, dass sich das betroffene Ferkel wohl fühlt (z.B. durch Anzeichen von Träumen vom Saugakt). Auch ROUSING und WEMELSFELDER (2006) sahen bei der quantitativen Verhaltensanalyse den Kritikpunkt, dass subtile Variationen eines Verhaltensmusters sowie selten vorkommende oder schwer quantifizierbare Verhaltensweisen kaum erfassbar sind.

Im derzeitigen Stand der Wissenschaft hat sich das „Qualitative Behaviour Assessment“ noch nicht durchgesetzt, es bestehen noch zu viele Bedenken vor Subjektivität. Daher wird diese Methode auch als „qualitativ“ und nicht als „subjektiv“ bezeichnet (MEAGHER, 2009). Kritiker weisen auf die Gefahr hin, in Anthropomorphismen zu verfallen, die vor allem durch die freie Wählbarkeit der Begriffe („Free Choice Profiling“, FCP) für die beobachtete Verhaltensweise besteht (MEAGHER, 2009). WEMELSFELDER et al. (2001) argumentierten jedoch, dass eine Vorgabe von Begriffen die Beobachter beeinflusst und ihre Interpretationen dadurch nicht mehr unabhängig sind. Den FCP-Ansatz sah MEAGHER (2009) als mögliche Ursache für eine eingeschränkte Validität, sie stellt aber auch die These auf, dass gerade beim Schmerzempfinden Personen mit einem engen Bezug zu den beobachteten Tieren sensibler in der Erkennung dessen

sind. Aufgrund eher divergierender Ergebnisse der Verhaltensauswertung mit genau festgelegten Verhaltensdefinitionen wäre es von Interesse, die Beurteilung von Kastrationsschmerzen von Saugferkeln mit dem Ansatz der qualitativen

VI. SCHLUSSFOLGERUNG

Für die Beurteilung der Stress- und Schmerzbelastung der zootechnischen Eingriffe Ohrmarken einziehen, Schwanzkupieren und Kastration hat sich der Parameter Cortisol in der vorliegenden Untersuchung als geeigneter Parameter erwiesen. Auch eine Aussage über die Schmerzintensität ist durch den Einschluss von Vergleichsgruppen mit Analgesie und der Handlingsgruppe möglich. Mit dem AUC (Area under the curve) konnte in der vorliegenden Untersuchung eine Aussage über sowohl Dauer als auch Maximum der Schmerzreaktionen getroffen werden. Die Effektgrößen und prozentualen Unterschiede der Cortisolkonzentrationen veranschaulichen die unterschiedliche Belastungsintensität der drei Eingriffe.

Übereinstimmend mit früheren Untersuchungen stellt die Kastration in der eigenen Studie die größte Belastung dar, sowohl unter dem Gesichtspunkt der Intensität als auch der Dauer. Auch der Eingriff Ohrmarken einziehen erzeugte eine ausgeprägte Schmerzreaktion, während Schwanzkupieren sich in dieser Untersuchung als der am wenigsten belastende Eingriff herausstellte. Bei allen Eingriffen konnte gezeigt werden, dass die Belastung durch Schmerz und nicht allein durch Stress ausgelöst wird, da eine Reduzierung der jeweiligen Cortisolkonzentrationen durch Applikation des NSAIDs Meloxicam (Metacam[®] 5 mg/ml, Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH, Ingelheim am Rhein) herbeigeführt werden konnte. Da Ohrmarken einziehen ein Standardeingriff bei jedem Ferkel ist, sollte er in zukünftigen Studien über die Belastung zootechnischer Eingriffe beim Ferkel eine deutlich größere Beachtung finden als bislang.

Bei dem zweiten Versuchsteil, dessen Ziel die Etablierung neuer Verhaltensparameter für die Schmerzbeurteilung bei der Saugferkelkastration war, schien die Beurteilung der unspezifischen Verhaltensweisen (Zeit am Gesäuge, Liegen, Spielen) nicht für die Unterscheidung zwischen nicht kastrierten Ferkeln, ohne Analgesie kastrierten Ferkel und unter Analgesie kastrierten Ferkel geeignet zu sein. Die Validität dieser Verhaltensweisen für die Fragestellung der Studie, d.h. ob man anhand des Verhaltens auf das Vorhandensein oder sogar die Intensität von Schmerz schließen kann, stellte sich als nicht ausreichend gut

heraus. Die Reproduzierbarkeit der unspezifischen Verhaltensweisen hingegen erwies sich anhand der Intra- und Inter-Observer Reliabilität als sehr gut.

Die Beurteilung schmerzspezifischer Verhaltensweisen (Schwanzwackeln, Schmerzhaltung, Positionswechsel) ließ bei einzelnen Parametern einen Rückschluss auf schmerzhafte Zustände zu. Der Parameter „Positionswechsel“ ergab weder eine gute Validität noch Reliabilität. Beim Parameter „Schwanzwackeln“ konnte eine gute Reliabilität festgestellt werden, allerdings deuten die Ergebnisse auf eine sehr geringe Validität hin, da Ferkel der Handlingsgruppe diesen eigentlich als „schmerzspezifisch“ angenommenen Parameter direkt nach der Kastration häufiger zeigten als ohne Analgesie kastrierte Ferkel. Beim Parameter „Schmerzhaltung“ wurde eine geringe Reliabilität ermittelt; die Validität erschien gut, da schmerzhafte Eingriffe (Kastration mit und ohne Schmerzmittel) zu einem vermehrten Auftreten von „Schmerzhaltung“ führten. Allerdings kann eine Methode mit guter Validität aber schlechter Reliabilität nicht zur Etablierung empfohlen werden. Daher müssten die Definitionen der „Schmerzhaltung“ überarbeitet werden und/oder die beobachtende Person gezielter geschult werden (MARTIN und BATESON, 2007).

Die Auswertung der Sozialverhaltensweisen ergab keine gute Validität, eine beim Isolationsverhalten nicht auswertbare Reliabilität und beim Desynchronisationsverhalten eine gute Intra- aber schlechte Inter-Observer Reliabilität. Daher muss zum einen eine bessere Definition für „Desynchronisation“ gewählt werden, zum anderen sollte die Methodik der Messung des Sozialverhaltens überdacht werden.

Insgesamt erwies sich die in dieser Studie angewandte, quantitative Methodik der Verhaltensbeobachtung als verbesserungswürdig. Die Unterscheidung zwischen schmerz- und nichtschmerzhaften Zuständen war nur bei wenigen Parametern und dort nicht immer mit guter Reproduzierbarkeit möglich. Die Definitionen wurden bei Durchführung der Verhaltensanalyse oft als zu einengend empfunden, daher ist zu diskutieren, ob sie überarbeitet werden sollten oder ob ein gänzlich neuer Ansatz der Verhaltensanalyse (z.B. qualitative Verhaltensanalyse) gewählt werden sollte.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Auswirkungen von Ohrmarken einziehen im Vergleich zu Kastration und Schwanzkupieren und Definition von Verhaltensparametern zur Beurteilung kastrationsbedingter Schmerzen beim Saugferkel

Das Hauptziel der vorliegenden Studie war der Vergleich der Stress- und Schmerzbelastung von Ohrmarken einziehen mit der Belastung durch die Eingriffe Kastration und Schwanzkupieren. Hierfür wurden 210 männliche Saugferkel in sieben Versuchsgruppen (n = 30) untersucht: Gruppe H wurde nur gehandelt, Gruppe K wurde ohne Analgesie kastriert, Gruppe KM wurde unter Analgesie kastriert, Gruppe O wurden Ohrmarken ohne Analgesie eingezogen, Gruppe OMM wurden Ohrmarken unter Analgesie eingezogen, Gruppe S wurden ohne Analgesie die Schwänze kupiert und Gruppe SM wurden unter Analgesie die Schwänze kupiert. Als Analgetikum wurde Metacam[®] (5 mg/ml; Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH, Ingelheim am Rhein) verwendet. Von jedem Ferkel wurden fünf Blutproben genommen: 30 min vor dem Eingriff sowie 30 min, 60 min, 4 h und 7 h nach dem Eingriff. Als Stress- und Schmerzparameter wurde Cortisol im Blut gemessen. Sieben Stunden nach dem Eingriff war bei allen Gruppen wieder die Basalkonzentration erreicht. Ohrmarken einziehen bewirkte eine im Vergleich zur Handlingsgruppe statistisch signifikante Erhöhung der Cortisolkonzentration nach 30 min und 60 min, war aber nach 30 min signifikant weniger belastend als die Kastration. Im Vergleich zum Schwanzkupieren (S) konnte bei der Gruppe O zu den einzelnen Zeitpunkten im Mittel keine signifikante Erhöhung festgestellt werden. Bei Berücksichtigung der Zeit-Konzentrationskurve der Cortisolkonzentration (AUC) war die mittlere Cortisolkonzentration von Ohrmarken einziehen signifikant höher als bei Schwanzkupieren. Bei Ohrmarken einziehen unter Analgesie konnte ein signifikanter analgetischer Effekt nach 30 min und 60 min festgestellt werden. Die Kastration bewirkte unter allen Eingriffsgruppen die höchste mittlere Cortisolkonzentration; ein signifikanter analgetischer Effekt (KM) ergab sich nach 4 h. Die mittlere Cortisolkonzentration nach Schwanzkupieren unterschied sich nur nach 30 min signifikant von der Handlingsgruppe. Eine Analgesiewirkung beim Schwanzkupieren konnte nach 30 min erfasst werden. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass Ohrmarken einziehen keine so ausgeprägte Stress- und

Schmerzbelastung wie die Kastration verursacht, aber stärker belastend als Schwanzkupieren ist.

Darüber hinaus war es Ziel der vorliegenden Untersuchung, Verhaltensparameter für die Beurteilung kastrationsbedingter Schmerzen beim Saugferkel zu definieren. Dies erfolgte anhand verblindeter Videoauswertung. Dabei wurden 63 männliche Saugferkel in drei Gruppen (n = 21) randomisiert: die Handlingsgruppe H erhielt Meloxicam (Metacam[®] 5 mg/ml, Boehringer Ingelheim Regional Center Vienna, Wien, Österreich) und wurde in den Kastrationsbock eingespannt, aber nicht kastriert; die Kastrationsgruppe K wurde ohne Analgesie kastriert und die Kastrationsgruppe KM wurde unter Analgesie kastriert. Von der ersten Stunde nach dem Eingriff wurden die Videosequenzen 0 - 10 min und 15 - 25 min ausgewertet sowie von der dritten und fünften Stunde nach dem Eingriff jeweils die ersten 10 min. Jedes Ferkel wurde mittels „continuous recording“ über dieselbe Zeit beobachtet. Die Dauer der unspezifischen Verhaltensweisen „Zeit am Gesäuge“, „Liegen“ und „Spielen“ wurde in Sekunden gemessen. Bei den schmerzspezifischen Verhaltensweisen „Schwanzwackeln“, „Schmerzhaltung“ und „Positionswechsel“ sowie bei den Sozialverhaltensweisen „Isolation“ und „Desynchronisation“ wurde die Häufigkeit des Auftretens gezählt. In den ersten beiden Zeiträumen spielten Tiere der Handlingsgruppe signifikant länger als kastrierte Tiere, wackelten signifikant öfter mit dem Schwanz als Tiere der Gruppe K und zeigten signifikant weniger oft „Schmerzhaltung“ als beide Kastrationsgruppen. Beim Sozialverhalten sowie den Parametern „Zeit am Gesäuge“ und „Liegen“ waren keine statistischen Unterschiede erkennbar. Die ermittelte Reliabilität der Methode erwies sich bei den unspezifischen Verhaltensweisen und beim Parameter „Schwanzwackeln“ als sehr gut. Bei der „Desynchronisation“ war nur die Intra-Observer-Reliabilität hoch, und bei den restlichen Verhaltensweisen waren sowohl Intra- als auch Inter-Observer Reliabilität niedrig. Diese auf quantitativer Verhaltensanalyse angelehnte Verhaltensbeobachtung ist in der vorliegenden Form somit nur bedingt für die Beurteilung kastrationsbedingter Schmerzen beim Saugferkel empfehlen. Neue Forschungsergebnisse aus der qualitativen Verhaltensanalytik könnten einen wertvollen Beitrag zu einer Methodenverbesserung leisten.

VIII. SUMMARY

Response of ear tagging piglets in comparison to castration and tail docking and definition of parameters for the evaluation of pain induced changes in behavior by castration

The main objective of the present study was to compare the distress caused by ear tagging piglets with the distress caused by castration and tail docking. In total 210 male piglets were randomized to equal numbers ($n = 30$) into one of seven groups: the control group H was only handled, group K was castrated without analgesia, group KM was castrated with analgesia, group O was ear tagged without analgesia, group OMM was ear tagged with analgesia, group S was tail docked without analgesia and group SM was tail docked with analgesia. For analgesia Metacam[®] (5 mg/ml; Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH, Ingelheim am Rhein) was used. From each piglet five blood samples were taken: 30 min before the respective procedure (individual base value), as well as 30 min, 60 min, 4 h and 7 h after processing. Cortisol was measured as stress and pain parameter. 7 h after the experimental treatment cortisol concentrations had returned to base values in all groups. Ear tagging evoked a more elevated cortisol response than with handling at 30 min and 60 min, but proved to be less stressful than castration at 30 min. In comparison to tail docking, ear tagging did not result in a significant difference when comparing the means at the specific sample times. However, taking both intensity and duration of the procedure in account (Area under the curve), a significant effect was discernible. Analgesia (OMM) resulted in significantly lower cortisol levels at 30 min and 60 min compared to ear tagging without analgesia (OM). Castration (K) provoked the highest stress response of all procedures; here a significant analgesic effect (KM) could only be shown at 4 h post-procedure. Tail docking (S) resulted in significant higher cortisol levels than with H piglets only at 30 min; analgesia (SM) reduced the cortisol response at 30 min. The results of the present study demonstrate that ear tagging generates less severe distress than castration, but causes more distress than tail docking.

Furthermore, the present study aims at defining parameters to better evaluate pain induced changes in behavior after castration of piglets. For this purpose, blinded videos were analyzed. In total 63 male piglets were randomized to equal numbers

(n = 21) into one of three groups: the control group H received Meloxicam (Metacam[®] 5 mg/ml, Boehringer Ingelheim Regional Center Vienna, Wien, Austria) and was sham-castrated, group K was castrated without analgesia and group KM was castrated with analgesia. Of the first hour after the experimental treatment the time periods 0 - 10 min and 15 - 25 min were analyzed, and of the third and fifth hour post-procedure the first ten minutes, respectively. Each piglet was observed over the same time period by continuous recording. The duration of the non-specific behaviors “time at udder”, “lying” and “playing” was quantified in seconds. With the pain related behaviors “tail wagging”, “painful posture” and “change of position” as well as with the behaviors of social cohesion “isolation” and “desynchronization” the frequency of occurrence was recorded. In the first two analyzed time periods handled piglets played significantly longer than castrated piglets, wagged their tail significantly more frequently than piglets of group K and showed significantly less “painful posture” than both castrated groups. No significant differences among groups were detected in terms of “time at udder”, “lying” as well as the behaviors of social cohesion. The reliability of the method proved high with regard to the non-specific behaviors and “tail wagging”. With “desynchronization” only the intra-observer reliability was high. The other behaviors showed a low reliability. Therefore, the approach of this study, which was based on quantitative behavior analysis, seems to be suitable to only a limited extent for the evaluation of pain caused by castration. Recent research on qualitative behavior analysis could present a valuable contribution to refining the method.

IX. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1. <i>Wege der Schmerzentstehung nach Henke und Erhardt (2001)</i>	9
Abbildung 2. <i>Zeitschema</i>	28
Abbildung 3. <i>Beispiel einer Twin Tag - Ohrmarke aus dem Versuchsbetrieb</i>	29
Abbildung 4. <i>Verlauf der mittleren Cortisolkonzentration der Eingriffe K, O, S und H über die Zeit (AUC)</i>	38
Abbildung 5. <i>Mittelwert des Beprobungszeitpunktes mit der maximalen Cortisolkonzentration der Versuchsgruppen H, K, O und S</i>	40
Abbildung 6. <i>Verlauf der mittleren Cortisolkonzentrationen der Versuchsgruppen O und OMM (AUC)</i>	41
Abbildung 7. <i>Verlauf der mittleren Cortisolkonzentrationen der Versuchsgruppen K und KM (AUC)</i>	43
Abbildung 8. <i>Verlauf der mittleren Cortisolkonzentrationen der Versuchsgruppen S und SM (AUC)</i>	44
Abbildung 9. <i>Verhaltensanteile Zeit am Gesäuge (ZaG12), Liegen (L12), Spielen (Sp12) und Sonstiges Verhalten (Sonst.12) der Zeiträume 1+2 der Versuchsgruppen H, K, KM</i>	46
Abbildung 10. <i>Verhaltensanteile Zeit am Gesäuge (ZaG3), Liegen (L3), Spielen (Sp3) und Sonstiges Verhalten (Sonst.3) des Zeitraums 3 der Versuchsgruppen H, K, KM</i>	46
Abbildung 11. <i>Verhaltensanteile Zeit am Gesäuge (ZaG4), Liegen (L4), Spielen (Sp4) und Sonstiges Verhalten (Sonst.4) des Zeitraums 4 der Versuchsgruppen H, K, KM</i>	47
Abbildung 12. <i>Häufigkeit der Schmerz- und Sozialverhaltensweisen Schwanzwackeln (Sw), Positionswechsel (Pw), Schmerzhaltung (Sm), Isolation (Is) und Desynchronisation (Dy) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21) im Zeitraum 1+2</i>	48

Abbildung 13. <i>Häufigkeit der Schmerz- und Sozialverhaltensweisen</i> <i>Schwanzwackeln (Sw), Positionswechsel (Pw), Schmerzhaltung (Sm), Isolation</i> <i>(Is), Desynchronisation (Dy) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21) im</i> <i>Zeitraum 3</i>	49
--	----

Abbildung 14. <i>Häufigkeit der Schmerz- und Sozialverhaltensweisen</i> <i>Schwanzwackeln (Sw), Positionswechsel (Pw), Schmerzhaltung (Sm), Isolation</i> <i>(Is), Desynchronisation (Dy) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21) im</i> <i>Zeitraum 4</i>	49
--	----

X. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1. <i>Einteilung der schmerzrelevanten Nervenfasern nach Henke und Erhardt (2001)</i>	10
Tabelle 2. <i>Schmerzparameter beim Schwein (nach EFSA, 2004)</i>	14
Tabelle 3. <i>Übersicht über die Aufzeichnung von Verhaltensweisen (nach MARTIN und BATESON, 2007)</i>	22
Tabelle 4. <i>Einteilung der Versuchsgruppen</i>	28
Tabelle 5. <i>Versuchsgruppen für die Verhaltensbeobachtung</i>	31
Tabelle 6. <i>Ausgewertete Zeiträume der Videoaufnahmen</i>	32
Tabelle 7. <i>Definitionen der unspezifischen Verhaltensweisen</i>	33
Tabelle 8. <i>Definitionen der schmerzspezifischen Verhaltensweisen</i>	33
Tabelle 9. <i>Definitionen der Sozialverhaltensweisen</i>	34
Tabelle 10. <i>Mittlere Cortisolkonzentrationen (nmol/l) vor (-0,5) und 0,5 h, 1 h, 4 h und 7 h nach Handling/Eingriff (Mittelwert \pm SD (SEM)) der Versuchsgruppen H, K, O, S (je n = 30)</i>	37
Tabelle 11. <i>Effektgrößen (d) der mittleren Cortisolkonzentrationen und des AUCs zwischen den Versuchsgruppen H, K, O, S zu den unterschiedlichen Beprobungszeitpunkten im Vergleich</i>	39
Tabelle 12. <i>p-Werte des Vergleichs der mittleren Cortisolkonzentrationen und des AUCs zwischen den Versuchsgruppen H, K, O, S zu den unterschiedlichen Beprobungszeitpunkten</i>	40
Tabelle 13. <i>p-Werte des Vergleichs der mittleren Cortisolkonzentrationen zu den unterschiedlichen Beprobungszeitpunkten und des AUCs zwischen den Versuchsgruppen mit (KM, OMM, SM) und ohne Analgesie (K, O, S)</i>	41
Tabelle 14. <i>Mittlere Cortisolkonzentrationen (nmol/l) vor und 0,5 h, 1 h, 4 h und 7 h nach Eingriff; mit und ohne Analgesie im Vergleich (Mittelwert \pm SD (SEM))</i>	

<i>der Versuchsgruppen K, KM, O, OMM, S, SM (je n = 30).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 15. Effektgrößen (d) zwischen den Versuchgruppen mit (KM, OMM, SM) und ohne Analgesie (K, O, S) im Vergleich</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 16. Dauer der unspezifischen Verhaltensweisen (Zeit am Gesäuge, Liegen, Spielen) in Sekunden in den ersten 10 min nach dem Eingriff (1), der Zeit 15 - 25 min nach dem Eingriff (2), den ersten 10 min von Stunde 3 (3), den ersten 10 min von Stunde 5 (4) sowie Zeitpunkte 1+2 zusammengefasst (Mittelwert \pm SD (SEM)) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21).....</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 17. Häufigkeit schmerzspezifischer Verhaltensweisen (Schwanzwackeln, Schmerzhaltung, Positionswechsel) in den ersten 10 min nach dem Eingriff (1), der Zeit 15 - 25 min nach dem Eingriff (2), den ersten 10 min von Stunde 3 (3), den ersten 10 min von Stunde 5 (4) sowie Zeitpunkte 1+2 zusammengefasst (Mittelwert \pm SD (SEM)) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21).....</i>	<i>48</i>
<i>Tabelle 18. Häufigkeit von Sozialverhaltensweisen in den ersten 10 min nach dem Eingriff (1), der Zeit 15 - 25 min nach dem Eingriff (2), den ersten 10 min von Stunde 3 (3), den ersten 10 min von Stunde 5 (4) sowie Zeitpunkte 1+2 zusammengefasst (Mittelwert \pm SD) der Versuchsgruppen H, K, KM (je n = 21; SEM < 0,3).....</i>	<i>50</i>
<i>Tabelle 19. p-Werte des Vergleichs der mittleren Dauer der Zeit am Gesäuge (ZaG) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabelle 20. p-Werte des Vergleichs der mittleren Dauer des Liegens (L) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabelle 21. p-Werte des Vergleichs der mittleren Dauer des Spielens (Sp) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabelle 22. p-Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit des Schwanzwackelns (Sw) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen.....</i>	<i>103</i>

Tabelle 23. <i>p</i> -Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit der Schmerzhaltungen (<i>Sm</i>) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen	103
Tabelle 24. <i>p</i> -Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit der Positionswechsel (<i>Pw</i>) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen.....	103
Tabelle 25. <i>p</i> -Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit der Isolation (<i>Is</i>) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen.....	104
Tabelle 26. <i>p</i> -Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit der Desynchronisation (<i>Dy</i>) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen	104

XI. LITERATURVERZEICHNIS

Altmann J. Observational study of behavior: sampling methods. Behaviour 1974; 49: 227-267.

Annor-Frempong I.E., Nute G.R., Whittington F.W., Wood J.D. The problem of taint in pork-II. The influence of skatole, androstenone and indole, presented individually and in combination in a model lipid base, on odour perception. Meat Sci 1997; 47: 49-61.

Anonymous 2007. SABRE - Cutting Edge Genomics for Sustainable Animal Breeding vom 16.02.2007. <http://www.sabre-eu.eu/Home/tabid/135/Default.aspx>. Accessed 29.01.2014

Anonymous 2009a. QS-Beteiligung an EU-Projektantrag STOP-CAS In: Tiergesundheit aktuell vom 05.06.2009. <http://www.tiergesundheit-aktuell.de/schweine/aktuelles-569.php>. Accessed 21.01.2014

Anonymous 2009b. Alcasde - Alternatives to castration and dehorning vom 05.10.2009. http://www.alcasde.eu/Content/Sub_Project%2001%20castration.html. Accessed 20.01.2014

Anonymous 2010. Animal welfare: voluntary end to the surgical castration of piglets by 2018. In: MIDDAY EXPRESS vom 16.12.2010. http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/farm/docs/castration_pigs_press_release_en.pdf. Accessed 17.02.2013

Anonymous 2012a. Verzicht auf Ferkelkastration: Ausstieg rückt näher In: QS Qualität und Sicherheit GmbH vom 11.04.2012. <https://www.qs.de/verzicht-auf-ferkelkastration-ausstieg-rueckt-naeh.html?highlight=kastration+ferkel&>. Accessed 05.02.2014

Anonymous 2012b. Kastrations-Stopp erst ab 2019? In: SUS Online 6/2012 p. 4.

Anonymous 2012c. Hick Hack um Tierschutznovelle In: SUS Online vom 07.11.2012. <http://www.susonline.de/meldungen/management/Hick-Hack-um-Tierschutznovelle-989349.html>. Accessed 25.02.2014

Bamberg E. Spezielle Endokrinologie. In: Lehrbuch der Veterinärphysiologie, 7 edn. 1987. ed: Wittke G. Paul Parey Verlag, Berlin. 448-477.

Barbieri S., Minero M., Barattiero D., Cantàfora, Crimella C. Recognised-by-law versus other identification systems in pigs: piglets discomfort evaluation and performance testing. Ital J Anim Sci 2012; 11: 190-195.

Benrath J., Sandkühler J. Nozizeption bei Früh- und Neugeborenen. Der Schmerz 2000; 14: 297-301.

Blackshaw J.K., Swain A.J., Blackshaw B.W., Thomas F.J.M., Gillies K.J. The development of playful behaviour in piglets from birth to weaning in three farrowing environments. Appl Anim Behavi Sci 1997; 55: 37-49.

Bland M. An introduction to medical statistics. 3 edn. 2009. Oxford Univ. Press, Oxford. 169-171.

Bonneau M., Walstra P., Claudi-Magnussen C., Kempster A.J., Tornberg E., Fischer K., Diestre A., Siret F., Chevillon P., Claus R., Dijksterhuis G., Punter P., Matthews K.R., Agerhem H., Beague M.P., Oliver M.A., Gispert M., Weiler U., von Seth G., Leask H., Furnols M.F.I., Homer D.B., Cook G.L. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: IV. Simulation studies on consumer dissatisfaction with entire male pork and the effect of sorting carcasses on the slaughter line, main conclusions and recommendations. Meat Sci 2000; 54: 285-295.

Broom D.M., Fraser A.F. Farm animal behaviour and welfare. 4 edn. 2007. Cambridge University Press, Cambridge. 17-27.

Buchenauer D. Parameters for Assessing Welfare, Ethological Criteria. In: The Welfare of Pigs, 11 edn. 1981. ed: Sybesma W. Springer Netherlands, The Hague. 75-94.

Burn C.C. What is it like to be a rat? Rat sensory perception and its implications for experimental design and rat welfare. *Appl Anim Behav Sci* 2008; 112: 1-32.

Carroll J.A., Berg E.L., Strauch T.A., Roberts M.P., Kattesh H.G. Hormonal profiles, behavioral responses, and short-term growth performance after castration of pigs at three, six, nine, or twelve days of age. *J Anim Sci* 2006; 84: 1271-1278.

Charlton B.G. Adrenal-cortical innervation and glucocorticoid secretion. *J Endocrinol* 1990; 126: 5-8.

Claus R., Weiler U., Herzog A. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar - A review with experimental data. *Meat Sci* 1994; 38: 289-305.

Craner S.L., Ray R.H. Somatosensory cortex of the neonatal pig: II. Topographic organization of the secondary somatosensory cortex (SII). *J Comp Neurol* 1991a; 306: 39-48.

Craner S.L., Ray R.H. Somatosensory cortex of the neonatal pig: I. Topographic organization of the primary somatosensory cortex (SI). *J Comp Neurol* 1991b; 306: 24-38.

Cronin G.M., Dunshea F.R., Butler K.L., McCauley I., Barnett J.L., Hemsworth P. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *Appl Anim Behav Sci* 2003; 81: 111-126.

Dantzer R., Mormede P. Stress in farm animals: a need for reevaluation. *J Anim Sci* 1983; 57: 6-18.

De Kock H.L., Heinze P.H., Potgieter C.M., Dijksterhuis G.B., Minnaar A. Temporal aspects related to the perception of skatole and androstenone, the major boar odour compounds. *Meat Sci* 2001; 57: 61-70.

De Lange K. Arzneimittel. FVE Federation of Veterinarians of Europe. 2010. In: http://www.fve.org/uploads/publications/docs/2010_1_newsletter.pdf. Accessed 06.03.2014

Dingledine R., Borges K., Bowie D., Traynelis S.F. The glutamate receptor ion channels. *Pharmacol Rev* 1999; 51: 7-61.

Döcke F., Kemper S. Nebennierenmark. In: *Veterinärmedizinische Endokrinologie*, 3 edn. 1994. ed: Döcke F. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart. 357-378.

Done S.H., Guise J., Chennells D.J. Tail biting and tail docking in pigs. *The Pig Journal* 2011; 66

EFSA 2004. Welfare aspects of the castration of piglets. Scientific report of the scientific panel for animal health and welfare on a request from the commission related to welfare aspects of the castration of piglets. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/91.pdf>. Accessed 02.02.2014

EFSA 2007. The risks associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the different housing and husbandry systems. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/611.PDF>. Accessed 16.11.2013

Fang M.R., Lorke D.E., Li J.C., Gong X.Y., Yew J.C.C., Yew D.T. Postnatal changes in functional activities of the pig's brain: A combined functional magnetic resonance Imaging and immunohistochemical study. *Neurosignals* 2005; 14: 222-233.

Fredriksen B., Furnols M.F.I., Lundstrom K., Migdal W., Prunier A., Tuytens F.A.M., Bonneau M. Practice on castration of piglets in Europe. *Animal* 2009; 3: 1480-1487.

Gallagher N.L., Giles L.R., Wynn P.C. The development of a circadian pattern of salivary cortisol secretion in the neonatal piglet. *Biol Neonate* 2002; 81: 113-118.

Graham M.J., Kent J.E., Molony V. Effects of four analgesic treatments on the behavioural and cortisol responses of 3-week-old lambs to tail docking. *Vet J* 1997; 153: 87-97.

Griessler A., Voglmayr T., Holzheu M., Werner-Tutschku M. *Schweinekrankheiten*. 1 edn. 2008. Leopold Stocker Verlag, Graz. 91-92.

Guyton A., Hall J.E. Adrenocortical hormones. In: *Medical Physiology*, 12 edn. 2011. ed: Hall JE. Elsevier Saunders, Pennsylvania. 921-937.

Hansson M., Lundeheim N., Nyman G., Johansson G. Effect of local anaesthesia and/or analgesia on pain responses induced by piglet castration. *Acta Vet Scand* 2011; 53: 34.

Hay M., Vulin A., Génin S., Sales P., Prunier A. Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Appl Anim Behav Sci* 2003; 82: 201-218.

Heinritzi K., Langhoff R., Zankl A., Schulz C., Elicker S., Palzer A., Ritzmann M., Zols S. Alternativen zur konventionellen Ferkelkastration in Europa - Stand der Forschung. *Prakt. Tierarzt* 2008; 89: 654-663.

Henke J., Erhardt W. Wie entsteht Schmerz. *Schmerzmanagement bei Klein- und Heimtieren*. 1 edn. 2001. Enke Verlag, Stuttgart. 11-21.

Henke J., Erhardt W. Analgesie. In: *Anästhesie & Analgesie beim Klein- und*

Heimtier. 2004. ed: Erhardt W, Henke J, Haberstroh J. Schattauer GmbH, Stuttgart. 370-407.

Holm S. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scand Stat Theory Appl* 1979; 6: 65-70.

Hunter E.J., Jones T.A., Guise H.J., Penny R.H.C., Hoste S. The relationship between tail biting in pigs, docking procedure and other management practices. *Vet J* 2001; 161: 72-79.

Hunter E.J., Jones T.A., Guise H.J., Penny R.H.C., Hoste S. Tail biting in pigs: The prevalence at six UK abattoirs and the relationship of tail biting with docking, sex and other carcass damage. *The Pig Journal* 2011; 66.

IASP. Part III: Pain Terms, A Current List with Definitions and Notes on Usage. In: *Classification of Chronic Pain*. 2 edn. 1994. IASP Press, International Association for the study of pain. 209-214.

Jones A.C., Gosling S.D. Temperament and personality in dogs (*Canis familiaris*): A review and evaluation of past research. *Appl Anim Behav Sci* 2005; 95: 1-53.

Kameník J., Kratochvíl J. Boar taint. *Journal of the University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences* 2012; 1: 3-9.

Katz J., Kavanagh B.P., Sandler A.N., Nierenberg H., Boylan J.F., Friedlander M., Shaw B.F. Preemptive analgesia - clinical-evidence of neuroplasticity contributing to postoperative pain. *Anesthesiology* 1992; 77: 439-446.

Keita A., Pagot E., Prunier A., Guidarini C. Pre-emptive meloxicam for postoperative analgesia in piglets undergoing surgical castration. *Vet Anaesth Analg* 2010; 37: 367-374.

Kent J.E., Molony V., Robertson I.S. Changes in plasma-cortisol concentration in

lambs of 3 ages after 3 methods of castration and tail docking. *Res Vet Sci* 1993; 55: 246-251.

Kietzmann M., Bäumer W. Entzündungshemmende Pharmaka. In: *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin*, 3 edn. 2010. ed: Frey H-H, Löscher W. Enke Verlag, Stuttgart. 384-401.

Kilchling T.P. Möglichkeiten zur postoperativen Schmerzreduzierung beim Kupieren der Schwänze von Saugferkeln. *Diss. med. vet.* 2010. Ludwig-Maximilians-Universität. München.

Kitchell R.L. Problems in defining pain and peripheral mechanisms of pain. *J Am Vet Med Assoc* 1987; 191: 1195-1199.

Kixmüller M. Labordiagnostische Referenzbereiche bei unterschiedlichen Schweinerassen sowie histopathologische und immunhistochemische Untersuchung von Gehirnen älterer Sauen und Eber auf transmissible spongiforme Enzephalopathie im Rahmen der TSE-Studie. *Diss. med. vet.* 2004. Ludwig-Maximilians-Universität. München.

Kluiwers-Poodt M., Hopster H., Spoolder H.A.M. Castration under anaesthesia and/or analgesia in commercial pig production. Report 85. Group Animal Science 2007. Wageningen UR. 1-92.

Kluiwers-Poodt M., Zonderland J.J., Verbraak J., Lambooij E., Hellebrekers L.J. Pain behaviour after castration of piglets; effect of pain relief with lidocaine and/or meloxicam. *Animal* 2013; 7: 1158-1162.

Kluiwers M. Evaluation of pain associated with routine procedures in piglets. 3rd Boehringer Ingelheim Expert Forum on Farm Animal Well-Being 2010: 21-29.

Knierim U. Qualitätssicherung bei ethologischen Untersuchungen - der Aspekt der Reliabilität. *KTBL-Schrift* 2013; 503: 97-105.

Kolb E. Die Hormone. In: Lehrbuch der Physiologie der Haustiere, Teil I, 5 edn. 1989. ed: Kolb E. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart. 78-128.

Kritas S.K., Morrison R.B. Relationships between tail biting in pigs and disease lesions and condemnations at slaughter. *Vet Rec* 2007; 160: 149-152.

Ladewig J. Stress. In: Veterinärmedizinische Endokrinologie, 3 edn. 1994. ed: Döcke F. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart. 379-398.

Landa L. Pain in domestic animals and how to assess it: a review. *Vet Med (Praha)* 2012; 57: 185-192.

Langhoff R. Untersuchungen über den Einsatz von Schmerzmitteln zur Reduktion kastrationsbedingter Schmerzen beim Saugferkel. Diss. med. vet. 2008. Ludwig-Maximilians-Universität. München.

Langhoff R., Zols S., Barz A., Palzer A., Ritzmann M., Heinritzi K. Untersuchungen über den Einsatz von Schmerzmitteln zur Reduktion kastrationsbedingter Schmerzen beim Saugferkel. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 2009; 122: 325-332.

Lavand'homme P. Perioperative pain. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006; 19: 556-561.

Leslie E., Hernández-Jover M., Newman R., Holyoake P. Assessment of acute pain experienced by piglets from ear tagging, ear notching and intraperitoneal injectable transponders. *Appl Anim Behav Sci* 2010; 127: 86-95.

Li H., Wu L., Li Y.Q. Opioid peptides modulate the response of neurons of the superficial laminae of the rat spinal dorsal horn to GABA. *Biochem Biophys Res Commun* 2003; 307: 730-736.

Llamas Moya S., Boyle L.A., Lynch P.B., Arkins S. Effect of surgical castration on the behavioural and acute phase responses of 5-day-old piglets. *Appl Anim*

Behav Sci 2008; 111: 133-145.

Machin K.L. Amphibian pain and analgesia. J Zoo Wildl Med 1999; 30: 2-10.

Madec F., Geers R., Vesseur P., Kjeldsen N., Blaha T. Traceability in the pig production chain. Rev - Off Int Epizoot 2001; 20: 523-537.

Mancuso T., Burns J. Ethical concerns in the management of pain in the neonate. Paediatr Anaesth 2009; 19: 953-957.

Marchant-Forde J.N., Lay D.C., Jr., McMunn K.A., Cheng H.W., Pajor E.A., Marchant-Forde R.M. Postnatal piglet husbandry practices and well-being: the effects of alternative techniques delivered separately. J Anim Sci 2009; 87: 1479-1492.

Martin P., Bateson P. Measuring behaviour. An introductory guide. 3 edn. 2007. Cambridge University Press, Cambridge. 1-152.

Matthews K.R., Homer D.B., Punter P., Béague M.P., Gispert M., Kempster A.J., Agerhem H., Claudi-Magnussen C., Fischer K., Siret F., Leask H., Font i Furnols M., Bonneau M. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries. Meat Sci 2000; 54: 271-283.

McGlone J.J., Nicholson R.I., Hellman J.M., Herzog D.N. The development of pain in young-pigs associated with castration and attempts to prevent castration-induced behavioral changes. J Anim Sci 1993; 71: 1441-1446.

Meagher R.K. Observer ratings: Validity and value as a tool for animal welfare research. Appl Anim Behav Sci 2009; 119: 1-14.

Meintjes R.A. An overview of the physiology of pain for the veterinarian. Vet J 2012; 193: 344-348.

Mellor D.J., Cook C.J., Stafford K.J. Quantifying some responses to pain as a stressor. In: *The Biology of Animal Stress*. 2000. ed: Moberg GP, Mench JA. CAB International, Wallingford, Oxon. 173-198.

Mellor D.J., Stafford K.J. Physiological and behavioural assessment of pain in ruminants: Principles and caveats. *Altern Lab Anim* 2004; 32: 267-271.

Melzack R., Wall P.D. Pain mechanisms - a new theory. *Science* 1965; 150: 971-979.

Merlot E., Mounier A.M., Prunier A. Endocrine response of gilts to various common stressors: A comparison of indicators and methods of analysis. *Physiol Behav* 2011; 102: 259-265.

Meuser W.J. Das Schmerzempfinden von Tieren und die Einschätzung durch den Menschen. Diss. med. vet. 2006. Tierärztliche Hochschule. Hannover.

Migdal W., Živković B., Migdal Ł. Piglet castration. *J Anim Sci Biotechnol* 2009; 25: 839-847.

Moberg G.P. Biological Response to Stress: Implications for Animal Welfare. In: *The Biology of Animal Stress*, 1 edn. 2000. ed: Moberg GP, Mench JA. CAB International, Wallingford, Oxon. 1-22.

Mohr E. Biologische Rhythmen. In: *Physiologie der Haustiere*, 3 edn. 2010. ed: Von Engelhardt W, Breves G. Enke Verlag, Stuttgart. 673-678.

Moinard C., Mendl M., Nicol C.J., Green L.E. A case control study of on-farm risk factors for tail biting in pigs. *Appl Anim Behav Sci* 2003; 81: 333-355.

Molony V., Kent J.E. Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. *J Anim Sci* 1997; 75: 266-272.

Mormede P., Andanson S., Auperin B., Beerda B., Guemene D., Malmkvist J., Manteca X., Manteuffel G., Prunet P., van Reenen C.G., Richard S., Veissier I. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol Behav* 2007; 92: 317-339.

Morton D.B., Griffiths P.H.M. Guidelines on the recognition of pain, distress and discomfort in experimental-animals and an hypothesis for assessment. *Vet Rec* 1985; 116: 431-436.

Möstl E. Spezielle Endokrinologie. In: *Physiologie der Haustiere*, 3 edn. 2010. ed: Von Engelhardt W, Breves G. Enke Verlag, Stuttgart. 515-534.

Müller S., Lesch B., Schad W., Scheliga M. Sind Eber während der Mast aggressiver? - Ergebnisse aus Verhaltensbeobachtungen unter Praxisbedingungen. *Schweinezucht aktuell* 2012; 40: 13-16.

Nakagawa S., Cuthill I.C. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biol Rev Camb Philos Soc* 2007; 82: 591-605.

Nihashi T., Kakigi R., Okada T., Sadato N., Kashikura K., Kajita Y., Yoshida J. Functional magnetic resonance imaging evidence for a representation of the ear in human primary somatosensory cortex: Comparison with magnetoencephalography study. *Neuroimage* 2002; 17: 1217-1226.

Nihashi T., Kakigi R., Hoshiyama M., Miki K., Kajita Y., Yoshida J., Yatsuya H. Effect of tactile interference stimulation of the ear in human primary somatosensory cortex: a magnetoencephalographic study. *Clin Neurophysiol* 2003; 114: 1866-1878.

Noonan G.J., Rand J.S., Priest J., Ainscow J., Blackshaw J.K. Behavioral observations of piglets undergoing tail docking, teeth clipping and ear notching. *Appl Anim Behav Sci* 1994; 39: 203-213.

O'leary A. Stress, emotion, and human immune function. *Psychol Bull* 1990; 108: 363-382.

Passantino A., Fazio A., Quartatone V. Pain in veterinary medicine in the new millennium. *Theor Biol Forum* 2012; 105: 77-85.

Paul-Murphy J., Ludders J.W., Robertson S.A., Gaynor J.S., Hellyer P.W., Wong P.L. The need for a cross-species approach to the study of pain in animals. *J Am Vet Med Assoc* 2004; 224: 692-697.

Pfannkuche H. Nozizeption und Schmerz: neurophysiologische Grundlagen. *Tierarztl Prax Ausg K* 2008; 36: 5-11.

Phythian C., Michalopoulou E., Duncan J., Wemelsfelder F. Inter-observer reliability of Qualitative Behavioural Assessments of sheep. *Appl Anim Behav Sci* 2013; 144: 73-79.

Plonait H. Die Kastration männlicher Schweine. In: *Lehrbuch der Schweinekrankheiten*, 4 edn. 2004. ed: Waldmann KH, Wendt M. Parey Verlag, Stuttgart. 542-546.

Prola L., Perona G., Tursi M., Mussa P.P. Use of injectable transponders for the identification and traceability of pigs. *Ital J Anim Sci* 2010; 9: 183-186.

Prunier A., Mounier A.M., Hay M. Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. *J Anim Sci* 2005; 83: 216-222.

Prunier A., Mounier L., Le Neindre P., Leterrier C., Mormede P., Paulmier V., Prunet P., Terlouw C., Guatteo R. Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *Animal* 2012: 1-13.

Prusa K., Nederveld H., Runnels P.L., Li R., King V.L., Crane J.P. Prevalence

and relationships of sensory taint, 5 alpha-androstenone and skatole in fat and lean tissue from the loin (Longissimus dorsi) of barrows, gilts, sows, and boars from selected abattoirs in the United States. *Meat Sci* 2011; 88: 96-101.

Pschyrembel. Stress. Berlin. de Gruyter, W. 2014. 265 edn.

Rault J.-L., Lay Jr D.C., Marchant-Forde J.N. Castration induced pain in pigs and other livestock. *Appl Anim Behav Sci* 2011; 135: 214-225.

Richtlinie 2008/120/EG des Rates vom 18. Dezember 2008 über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen

Riedel W., Neeck G. Nociception, pain, and antinociception: current concepts. *Z Rheumatol* 2001; 60: 404-415.

Rodkey E.N., Riddell R.P. The infancy of infant pain research: The experimental origins of infant pain denial. *J Pain* 2013; 14: 338-350.

Roughan J.V., Flecknell P.A. Training in behaviour-based post-operative pain scoring in rats - An evaluation based on improved recognition of analgesic requirements. *Appl Anim Behav Sci* 2006; 96: 327-342.

Rousing T., Wemelsfelder F. Qualitative assessment of social behaviour of dairy cows housed in loose housing systems. *Appl Anim Behav Sci* 2006; 101: 40-53.

Ruis M.A.W., Brake J., Engel B., Ekkel E.D., Buist W.G., Blokhuis H.J., Koolhaas J.M. The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: Effects of age, gender, and stress. *Physiol Behav* 1997; 62: 623-630.

Rutherford K.M.D. Assessing pain in animals. *Anim Welf* 2002; 11: 31-53.

Rutherford K.M.D., Donald R.D., Lawrence A.B., Wemelsfelder F. Qualitative Behavioural Assessment of emotionality in pigs. *Appl Anim Behav Sci* 2012;

139: 218-224.

Sandercock D.A., Gibson I.F., Rutherford K.M.D., Donald R.D., Lawrence A.B., Brash H.M., Scott E.M., Nolan A.M. The impact of prenatal stress on basal nociception and evoked responses to tail-docking and inflammatory challenge in juvenile pigs. *Physiol Behav* 2011; 104: 728-737.

Sann H. Nozizeption und Schmerz. In: *Physiologie der Haustiere*, 3 edn. 2010. ed: Von Engelhardt W, Breves G. Enke Verlag, Stuttgart. 75-79.

Schmidt R.F. Nociception and Pain. In: *Human Physiology*, 1 edn. 1989. ed: Schmidt R, Thews G. Springer Berlin Heidelberg, 223-236.

Schnurrbusch U. Kastration. In: *Schweinekrankheiten*, Heinritzi K., Gindele H.R., Reiner G., Schnurrbusch, U., 1 edn. 2006. ed: Loeffler K, Strauch D. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 342-343.

Simonsen H.B., Klinken L., Bindseil E. Histopathology of intact and docked pig tails. *Br Vet J* 1991; 147: 407-412.

Smith S.M., Vale W.W. The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress. *Dialogues Clin Neurosci* 2006; 8: 383-395.

Sörös P., Knecht S., Bantel C., Imai T., Wusten R., Pantev C., Lutkenhoner B., Burkle H., Henningsen H. Functional reorganization of the human primary somatosensory cortex after acute pain demonstrated by magnetoencephalography. *Neurosci Lett* 2001; 298: 195-198.

Stockman C.A., Collins T., Barnes A.L., Miller D., Wickham S.L., Beatty D.T., Blache D., Wemelsfelder F., Fleming P.A. Qualitative behavioural assessment and quantitative physiological measurement of cattle naive and habituated to road transport. *Anim Prod Sci* 2011; 51: 240-249.

Sutherland M.A., Bryer P.J., Krebs N., McGlone J.J. Tail docking in pigs: acute physiological and behavioural responses. *Animal* 2008; 2: 292-297.

Sutherland M.A., Bryer P.J., Krebs N., McGlone J.J. The effect of method of tail docking on tail-biting behaviour and welfare of pigs. *Anim Welf* 2009; 18: 561-570.

Sutherland M.A., Davis B.L., McGlone J.J. The effect of local or general anesthesia on the physiology and behavior of tail docked pigs. *Animal* 2011; 5: 1237-1246.

Sutherland M.A., Tucker C.B. The long and short of it: A review of tail docking in farm animals. *Appl Anim Behav Sci* 2011; 135: 179-191.

Sutherland M.A., Davis B.L., Brooks T.A., Coetzee J.F. The physiological and behavioral response of pigs castrated with and without anesthesia or analgesia. *J Anim Sci* 2012; 90: 2211-2221.

Svendsen O., Andersen C.B., Morkhoj C.B., Lauritzen B. Spinal nociception induced by intramuscular injection of oxytetracycline preparations in rats and pigs. *Basic Clin Pharmacol Toxicol* 2006; 99: 58-61.

Taylor A.A., Weary D.M., Lessard M., Braithwaite L. Behavioural responses of piglets to castration: the effect of piglet age. *Appl Anim Behav Sci* 2001; 73: 35-43.

Thun R., Schwartz-Porsche D. Nebennierenrinde. In: *Veterinärmedizinische Endokrinologie*, 3 edn. 2004. ed: Döcke F. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart. 309-353.

TierSchG (Tierschutzgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das durch Artikel 4 Absatz 90 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert wurde.

Torrey S., Devillers N., Lessard M., Farmer C., Widowski T. Effect of age on the behavioral and physiological responses of piglets to tail docking and ear notching. J Anim Sci 2009; 87: 1778-1786.

Übel N. Untersuchungen zur Schmerzreduktion bei zootechnischen Eingriffen an Saugferkeln. Diss. med. vet. 2011. Ludwig-Maximilians-Universität. München.

Ungemach F.R. Pharmaka zur Beeinflussung von Entzündungen. In: Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren. 2010. ed: Löscher W, Ungemach FR, Kroker R. Enke Verlag, Stuttgart. 389-432.

Van Beirendonck S., Driessen B., Verbeke G., Permentier L., Van de Perre V., Geers R. Improving survival, growth rate, and animal welfare in piglets by avoiding teeth shortening and tail docking. J Vet Behav 2012; 7: 88-93.

Verordnung (EG) Nr. 21/2004 des Rates vom 17. Dezember 2003 zur Einführung eines Systems zur Kennzeichnung und Registrierung von Schafen und Ziegen und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 sowie der Richtlinien 92/102/EWG und 64/432/EWG.

Verordnung des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91.

Verordnung der Kommission vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle.

Vetidata 2014. Veterinärmedizinischer Informationsdienst für Arzneimittelanwendung, Toxikologie und Arzneimittelrecht. www.vetidata.de. Accessed 05.02.2014

ViehVerkV (Verordnung zum Schutz gegen die Verschleppung von Tierseuchen im Viehverkehr) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2010 (BGBl. I S. 203) die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 88 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert wurde.

Viñuela-Fernández I., Jones E., Welsh E.M., Fleetwood-Walker S.M. Pain mechanisms and their implication for the management of pain in farm and companion animals. *Vet J* 2007; 174: 227-239.

Von Borell E., Baumgartner J., Giersing M., Jaggin N., Prunier A., Tuytens F.A.M., Edwards S.A. Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. *Animal* 2009; 3: 1488-1496.

Von Borell E. Schmerzen bei Schweinen - Beurteilung, Vermeidung und Verminderung. *Tierarztl Umsch* 2013; 68: 227-230.

Von Engelhardt W. Arbeitsphysiologie unter besonderer Berücksichtigung des Pferdeleistungssports. In: *Physiologie der Haustiere*, 3 edn. 2010. ed: Von Engelhardt W, Breves G. Enke Verlag, Stuttgart. 461-469.

Von Walter L.W., Lidfors L., Madej A., Dahlborn K., Hydbring-Sandberg E. Cardiovascular, endocrine and behavioural responses to suckling and permanent separation in goats. *Acta Vet Scand* 2010; 52: 51.

Vorwallner H. Untersuchungen zur Catecholaminkonzentration bei der Kastration von Saugferkeln. *Diss. med. vet.* 2003. Freie Universität Berlin. Berlin.

Weary D.M., Niel L., Flower F.C., Fraser D. Identifying and preventing pain in animals. *Appl Anim Behav Sci* 2006; 100: 64-76.

Wemelsfelder F., Hunter T.E.A., Mendl M.T., Lawrence A.B. Assessing the 'whole animal': a free choice profiling approach. *Anim Behav* 2001; 62: 209-220.

Wemelsfelder F., Hunter A.E., Paul E.S., Lawrence A.B. Assessing pig body language: Agreement and consistency between pig farmers, veterinarians, and animal activists. *J Anim Sci* 2012; 90: 3652-3665.

White R.G., DeShazer J.A., Tressler C.J., Borchert G.M., Davey S., Waninge A., Parkhurst A.M., Milanuk M.J., Clemens E.T. Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *J Anim Sci* 1995; 73: 381-386.

Woolf C.J., Mannion R.J. Neuropathic pain: aetiology, symptoms, mechanisms, and management. *Lancet* 1999; 353: 1959-1964.

Yaksh T.L. Horizons in pain research (Report of a scientific meeting). *Anesthesiology* 1996; 84: 245-248.

Zhou B., Yang X.J., Zhao R.Q., Huang R.H., Wang Y.H., Wang S.T., Yin C.P., Shen Q., Wang L.Y., Schinckel A.P. Effects of tail docking and teeth clipping on the physiological responses, wounds, behavior, growth, and backfat depth of pigs. *J Anim Sci* 2013; 91: 4908-4916.

Zöls S., Ritzmann M., Heinritzi K. Einfluss von Schmerzmitteln bei der Kastration männlicher Ferkel. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 2006; 119: 193-196.

XII. ANHANG

Tabelle 19. p-Werte des Vergleichs der mittleren Dauer der Zeit am Gesäuge (ZaG) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen

Eingriffe	Zeitraum				
	ZaG1	ZaG2	ZaG3	ZaG4	ZaG12
H-K	0,303	0,083	0,399	0,701	0,049
H-KM	0,598	0,980	0,727	0,595	0,685
K-KM	0,594	0,077	0,669	0,944	0,144

Tabelle 20. p-Werte des Vergleichs der mittleren Dauer des Liegens (L) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen

Eingriffe	Zeitraum				
	L1	L2	L3	L4	L12
H-K	0,406	0,355	0,550	0,788	0,246
H-KM	0,787	0,696	0,949	0,717	0,902
K-KM	0,243	0,557	0,500	0,915	0,269

Tabelle 21. p-Werte des Vergleichs der mittleren Dauer des Spielens (Sp) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen

Eingriffe	Zeitraum				
	Sp1	Sp2	Sp3	Sp4	Sp12
H-K	0,010	0,244	1,000	0,244	0,004
H-KM	0,034	0,244	0,500	0,244	0,015
K-KM	0,500	1,000	0,500	1,000	0,500

Nach Bonferroni-Holm Adjustierung signifikante Werte sind fett markiert.

Tabelle 22. p-Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit des Schwanzwackelns (Sw) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen

Eingriffe	Zeitraum				
	Sw1	Sw2	Sw3	Sw4	Sw12
H-K	0,142	0,012	0,267	0,017	0,013
H-KM	0,254	0,030	0,440	0,069	0,037
K-KM	0,261	0,389	0,371	0,289	0,389

Nach Bonferroni-Holm Adjustierung signifikante Werte sind fett markiert.

Tabelle 23. p-Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit der Schmerzhaltungen (Sm) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen

Eingriffe	Zeitraum				
	Sm1	Sm2	Sm3	Sm4	Sm12
H-K	< 0,001	0,277	0,498	0,096	< 0,001
H-KM	< 0,001	0,469	0,015	0,025	< 0,001
K-KM	0,483	0,272	0,016	0,265	0,238

Nach Bonferroni-Holm Adjustierung signifikante Werte sind fett markiert.

Tabelle 24. p-Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit der Positionswechsel (Pw) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen

Eingriffe	Zeitraum				
	Pw1	Pw2	Pw3	Pw4	Pw12
H-K	0,322	0,161	0,193	0,130	0,090
H-KM	0,269	0,235	0,420	0,253	0,092
K-KM	0,447	0,282	0,304	0,379	0,405

Tabelle 25. p-Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit der Isolation (Is) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen

Eingriffe	Zeitraum				
	Is1	Is2	Is3	Is4	Is12
H-K	0,454	0,092	0,756	0,500	0,289
H-KM	0,160	0,500	0,303	0,244	0,303
K-KM	0,252	0,205	0,303	0,500	0,142

Tabelle 26. p-Werte des Vergleichs der mittleren Häufigkeit der Desynchronisation (Dy) zwischen den Versuchsgruppen H, K und KM zu den unterschiedlichen Beprobungszeiträumen

Eingriffe	Zeitraum				
	Dy1	Dy2	Dy3	Dy4	Dy12
H-K	0,398	0,452	0,188	0,500	0,282
H-KM	0,385	0,569	0,466	0,283	0,275
K-KM	0,517	0,452	0,270	0,372	0,480

XIII. DANKSAGUNG

An erster Stelle danke ich ganz herzlich Herrn Prof. Dr. Mathias Ritzmann für die Bereitstellung dieses interessanten Themas, die außerordentlich gute Betreuung und Unterstützung und die gute Arbeitsatmosphäre in der Klinik. Vielen Dank, dass ich jederzeit mit Fragen zu ihm kommen durfte!

Ganz besonderer Dank geht an meine Betreuerin Frau Dr. Susanne Zöls für die beste Betreuung, die man sich vorstellen kann, die guten Anregungen, die unermüdlichen Korrekturen und Hilfe in allen Notsituationen. Vielen Dank auch an Frau Dr. Nicole Übel für die Unterstützung und Hilfe v.a. in der Anfangsphase, der Planung und praktischen Durchführung des Versuches!

Ein besonderes Dankeschön auch an meine Mitdoktoranden, die mir bei der Durchführung des Versuches geholfen haben, die mentale Unterstützung und die super Atmosphäre. Ich wünsche euch allen ganz viel Erfolg bei euren Dissertationen und hoffe, dass wir immer ein so tolles Team bleiben! Vielen Dank insbesondere an Marie Isernhagen für die Umsetzung der Inter-Observer-Reliabilität!

Vielen lieben Dank an Frau Dr. Regina Hausleitner für die Unterstützung bei der Auswertung der Cortisolproben und Frau Dr. Julia Stadler und Herrn Dr. Matthias Eddicks für jederzeit verfügbaren fachlichen Rat.

Ich danke Herrn Prof. Dr. K. Heinritzi für die äußerst interessanten Vorlesungen während meiner Studienzzeit, die mich der Schweinemedizin näher gebracht haben.

Vielen Dank an Herrn Dr. Reese für die wertvolle statistische Beratung und Herrn Dr. Oliver Stadler für Hilfe bei Formatierungsangelegenheiten. Vielen Dank auch an Frau Dr. Rebecca Langhoff für die Unterstützung bei Planung der Verhaltensanalyse.

Ich danke auch allen Mitarbeitern der Lehr- und Versuchsstation Thalhausen, ganz besonders Herrn Konrad Praller für die sehr gute Zusammenarbeit bei der Durchführung des Versuches. Vielen Dank an Herrn Dipl. Ing. H. Laffert und Herrn Kammermeier, dass ich meinen Versuch in dem Betrieb Thalhausen durchführen durfte.

Vielen Dank auch an die Studenten, die mir bei Durchführung des Versuches, z.T. auch am Wochenende, geholfen haben.

Nicht zuletzt gilt mein besonderer Dank meinen Eltern, die mich in Schul-, Studiums- und Promotionszeit uneingeschränkt unterstützten, meiner Schwester Bianca, die immer für mich da ist, und meiner Schwester Saskia für das Korrekturlesen meiner englischen Ausarbeitungen.

Unzählbaren Dank an Robert Numberger für seine tatkräftige Unterstützung an vielen Wochenenden im Stall, seine psychische Unterstützung in stressigen Zeiten und seine Geduld und Rücksichtnahme!